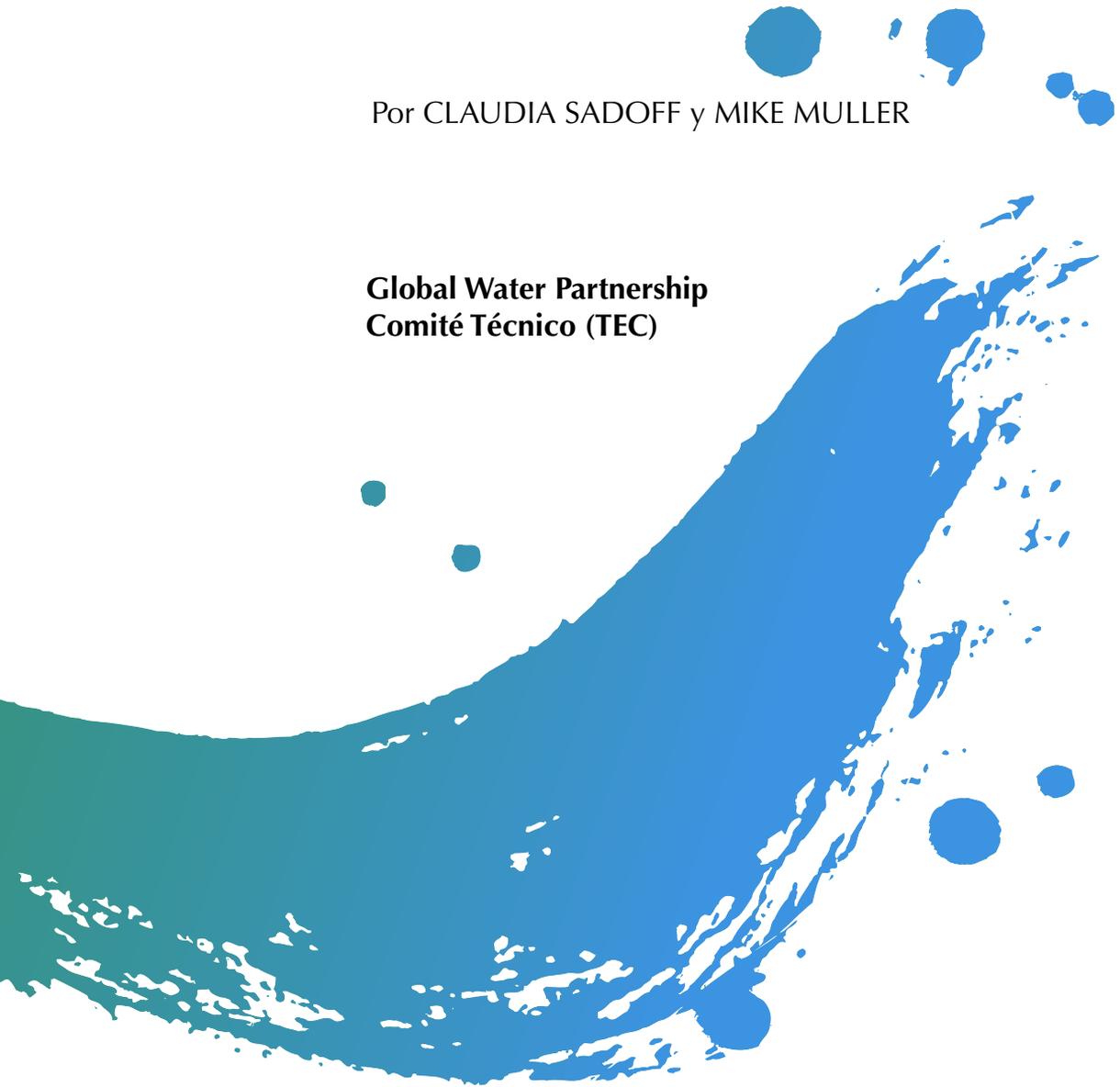


***La Gestión del Agua, la Seguridad Hídrica  
y la Adaptación al Cambio Climático:  
Efectos Anticipados y Respuestas Esenciales***

Por CLAUDIA SADOFF y MIKE MULLER

**Global Water Partnership  
Comité Técnico (TEC)**



**Global Water Partnership**, GWP, establecida en 1996, es una red internacional abierta a todas las organizaciones implicadas en la gestión de los recursos hídricos: instituciones de gobierno de países industrializados y en desarrollo, agencias de Naciones Unidas, bancos de desarrollo bilaterales y multilaterales, asociaciones profesionales, instituciones de investigación, organizaciones no gubernamentales y sector privado. La GWP fue creada para agilizar la Gestión Integrada de Recursos Hídricos (GIRH), que intenta garantizar el desarrollo y gestión coordinados del agua, los terrenos y recursos relacionados al objeto de optimizar el progreso social y económico sin menoscabo de la sostenibilidad de los ecosistemas esenciales.

La GWP promueve la GIRH creando foros a nivel global, nacional y regional, diseñados para apoyar a los interesados en la aplicación práctica de la GIRH. Entre los elementos de gestión de la asociación se incluye el Comité Técnico (TEC), un grupo de profesionales y científicos de reconocimiento internacional especializados en distintos aspectos de la gestión de aguas. Este comité, cuyos integrantes proceden de distintas regiones del planeta, ofrece apoyo y asesoramiento técnico al resto de entidades de GWP y a esta sociedad en su conjunto. El TEC se encarga de desarrollar un marco analítico del sector hídrico y propone acciones que promueven una gestión sostenible de los recursos hídricos. El TEC mantiene un canal abierto con sus correlatos locales, las Asociaciones Regionales del Agua (RWP) alrededor del mundo, para facilitar la aplicación regional y mundial de la GIRH. Los directores de las RWP participan en los trabajos del TEC.

La adopción y aplicación de la GIRH en el mundo entero requiere la modificación del modo de actuación de la comunidad internacional en relación a los recursos hídricos, particularmente en la manera como se realizan las inversiones. Para producir efectos de esta naturaleza y ámbito, se precisan nuevas formas de gestionar los aspectos conceptuales, regionales y globales, así como las agendas de implementación de actuaciones.

Esta serie, publicada por el Secretariado de GWP en Estocolmo, ha sido elaborada para difundir los documentos redactados y encargados por el TEC, destinados a orientar la agenda conceptual. Los temas y subtemas que aquí se tratan, tales como el conocimiento y la definición de la GIRH, el agua como parte de la seguridad alimentaria, y las asociaciones públicas y privadas y el agua como bien económico, han sido desarrollados en dichos documentos.

**La Gestión del Agua, la Seguridad Hídrica  
y la Adaptación al Cambio Climático:  
Efectos Anticipados y Respuestas Esenciales**

©Global Water Partnership

Todos los derechos reservados.

Primera impresión en inglés, 2009.

Primera impresión en español, 2010.

Ningún uso de esta publicación podrá ser revendido ni destinado a otro propósito comercial sin el permiso explícito previo de la Asociación Mundial para el Agua, GWP. Los fragmentos del texto podrá ser reproducidos con el permiso y las atribuciones propias de GWP.

Los resultados, interpretaciones y conclusiones expresadas a través de esta publicación son responsabilidad exclusiva del autor y no podrán ser de ninguna manera atribuidas a GWP, ni como expresiones oficiales del Comité Técnico de GWP.

ISSN: 1652-5396

ISBN: 978-91-85321-80-3

---

***La Gestión del Agua, la Seguridad Hídrica y  
la Adaptación al Cambio Climático:  
Efectos Anticipados y Respuestas Esenciales***

---

Por Claudia Sadoff y Mike Muller

Marzo 2010



***Publicado por Global Water Partnership***

## RESUMEN

El agua es el medio principal a través del cual el cambio climático hará sentir sus efectos sobre las personas, los ecosistemas y las economías. Por ende, la gestión de recursos hídricos debería constituir un enfoque preventivo para la adaptación al cambio climático. No contiene todas las respuestas para la adaptación; al contrario, hará falta una amplia variedad de las mismas. Pero el agua es tanto parte del problema como también una parte importante de la solución. Es un buen punto de partida.

A nivel global, se espera que la totalidad de los efectos del cambio climático sobre los recursos de agua dulce sean negativos. Sin embargo, hay muchos aspectos que aun no se comprenden bien. Si bien la relación entre el aumento de las temperaturas y los cambios en la precipitación ha sido demostrada exhaustivamente, no sucede lo mismo en el caso de los efectos sobre los caudales de los ríos y la recarga de las aguas subterráneas. Es necesario que se comprendan mejor los desafíos específicos planteados por el derretimiento de la nieve y los glaciares, así como los efectos en la calidad del agua.

Las medidas destinadas a implementar una sólida gestión del agua constituyen medidas de adaptación. La comprensión de la dinámica de la variabilidad actual y del cambio climático futuro, en tanto que afectan el suministro y la demanda de agua en todos los sectores que hacen uso del recurso, y una mayor capacidad para responder a la misma, permiten lograr una mejor gestión de los recursos hídricos. Esto fortalece la capacidad de recuperación ante los peligros actuales del cambio climático, al mismo tiempo que se desarrolla la capacidad de adaptación al cambio climático futuro.

Alcanzar y sostener la seguridad hídrica – definida en términos generales como la capacidad de aprovechar el potencial productivo del agua y limitar su potencial destructivo – brinda un enfoque para las estrategias de adaptación y un marco para la acción. Para los países que no hayan alcanzado la seguridad hídrica, el cambio climático hará que ello resulte aún más difícil. Mientras que para aquellos que tienen seguridad hídrica, probablemente les resulte difícil sostenerla. Es probable que todos necesiten destinar recursos adicionales a la gestión de recursos hídricos.

Abordar la seguridad hídrica implica una sólida estrategia de adaptación temprana que proporcione beneficios inmediatos a las poblaciones vulnerables y desatendidas, y promueva de esta manera los Objetivos de Desarrollo del Milenio, al mismo tiempo que fortalezca los sistemas y la capacidad de gestión

a largo plazo de los riesgos climáticos. Muchas sociedades querrán seguir invirtiendo en la gestión del agua para ir más allá de la seguridad hídrica y aprovechar todos los beneficios económicos, sociales y ambientales que pueda generar un uso más sabio del agua.

Para que la seguridad hídrica sea un hecho, será necesario invertir en las tres “I”: Información más accesible y adecuada, Instituciones más fuertes y flexibles, e Infraestructura natural y artificial para el almacenamiento, transporte y tratamiento del agua. Estas necesidades se manifestarán en todos los ámbitos – en proyectos, comunidades, naciones, cuencas hidrográficas y a nivel global. Armonizar y secuenciar una combinación de respuestas de inversiones “duras” (en infraestructura) y “blandas” (institucionales y en capacidad) será algo complejo de lograr. Por lo tanto, la información, la consulta y una gestión adaptativa serán imprescindibles.

Asimismo, es poco probable que puedan evitarse las difíciles concesiones que surgen al momento de equilibrar las prioridades económicas, ambientales y de equidad. Encontrar la combinación adecuada de las tres “I” (información, instituciones e infraestructura) para alcanzar el deseado equilibrio entre las tres “E” (equidad, entorno ambiental, economía) constituirá el “arte de la adaptación” en lo que a gestión del agua se refiere.

La gestión integrada de los recursos hídricos (GIRH) ofrece un enfoque para manejar estas dinámicas y sirve de hilo conductor para atravesar todos estos niveles de compromiso. La GIRH es un enfoque de buenas prácticas globales para abordar la gestión del agua: reconoce la naturaleza holística del ciclo hidrológico y la importancia de manejar las concesiones que se producen dentro del mismo; pone énfasis en la importancia de las instituciones eficaces; y es intrínsecamente una gestión adaptativa.

Los recursos financieros serán necesarios para construir un mundo con la seguridad hídrica garantizada. Una buena gestión del agua – factor clave para la adaptación – es más débil en los países más pobres, que además sufren actualmente la mayor variabilidad climática y que deberán enfrentar los efectos pronosticados más negativos del cambio climático. Mucho de estos países requerirán inversiones sustanciales.

La inversión en la capacidad, las instituciones y la infraestructura nacionales para la gestión de recursos hídricos debería ser, por ende, una prioridad que otorgue un lugar central al financiamiento de la adaptación. Es precisamente

el financiamiento del desarrollo sostenible lo que genera los beneficios de la adaptación. El financiamiento enfocado en el agua ayudará a garantizar que las instituciones desarrollen y conserven la capacidad a largo plazo para enfrentar los cambios a medida que se presenten, y disminuirá la proliferación de instrumentos complejos para el financiamiento del cambio climático, y de iniciativas fragmentadas, orientadas únicamente a proyectos.

En algunas cuencas transfronterizas, las mejores inversiones en materia de adaptación para cualquier país en particular podrán hallarse fuera de sus fronteras; por ejemplo, en los sistemas de monitoreo de cuencas o en las inversiones en sistemas conjuntos de infraestructura y/o de operación en un país vecino. En la medida en que los fondos específicos para la adaptación estén disponibles, se debería dejar de pensar en soluciones para países únicos, para generar en su lugar bienes públicos y promover soluciones cooperativas para cuencas hidrográficas transfronterizas. Las mismas deberán ser eficaces en función de los costos y atender el interés general de todos los países ribereños.

## **Prólogo**

La visión de la Asociación Mundial para el Agua (GWP, Global Water Partnership) es la de un mundo donde la seguridad hídrica esté garantizada; donde las necesidades de desarrollo económico y social de las comunidades se satisfagan; donde se brinde protección a las mismas contra las inundaciones, las sequías y las enfermedades transmitidas por el agua; y donde la protección ambiental sea eficazmente abordada. Su misión es la de respaldar el desarrollo y gestión sostenibles de los recursos hídricos en todos los niveles.

Como parte de su Estrategia 2009-2013, en la que se enuncia la manera en que GWP se abocará a cumplir su visión y su misión en los próximos años, la Red está buscando activamente soluciones para abordar los serios desafíos de la seguridad hídrica. Sin duda, uno de ellos es el cambio climático, que amenaza con modificar fundamentalmente la disponibilidad de agua y las características del ciclo hidrológico en muchas regiones del mundo.

Por lo tanto, la Gestión del Agua, la Seguridad Hídrica y la Adaptación al Cambio Climático: Efectos Anticipados y Respuestas Esenciales hace hincapié en la manera en que el cambio climático afectará a agua – y más importante aún, de qué manera una mejor gestión del agua puede contribuir a la mitigación del cambio climático y a la adaptación a aquellos efectos que ya son irreversibles.

De cara a la crucial reunión COP-15 que se celebrará en Copenhague en diciembre de este año, y las medidas que surgirán de la misma, uno de los mensajes clave es que el agua es el medio principal a través del cual el cambio climático hará sentir sus efectos sobre las personas, los ecosistemas y las economías.

Hará falta un amplio espectro de respuestas focalizadas en el desarrollo de las capacidades generales de la gestión de recursos hídricos. Por lo tanto, un segundo mensaje clave es que los nuevos instrumentos de adaptación que se están desarrollando actualmente deberían respaldar este enfoque. La Gestión del Agua, la Seguridad Hídrica y la Adaptación al Cambio Climático: Efectos Anticipados y Respuestas Esenciales realiza, de esta manera, un importante aporte en el debate actual sobre cómo abordar el cambio climático y sus consecuencias. Si bien la gestión de recursos hídricos no contiene todas las respuestas, debería igualmente servir como un enfoque de adaptación temprana al cambio climático.

Quisiera agradecer a Claudia Sadoff por su dirección en la preparación de este documento con el coautor, Mike Muller, y la escritora Sarah Carriger, y los miembros del grupo de trabajo sobre la GIRH y el cambio climático en todo GWP, y en particular a Michael Scoullon, Vadim Sokolov y Humberto Peña que contribuyeron con casos de estudio regionales. Si bien se sacó un enorme provecho de las discusiones que se mantuvieron con el Comité Técnico de GWP para la realización de este documento, el mismo refleja las opiniones de sus autores y no necesariamente las del Comité Técnico o de GWP en su conjunto.

*Dicho documento no es exhaustivo, sino que se centra en ciertos temas inmediatos y complementa las publicaciones anteriores realizadas por miembros de la red global de GWP y demás autores.*

*Estoy seguro que este documento servirá como una valiosa herramienta en el esfuerzo de GWP por aportar y apoyar aquellas soluciones que permitan abordar los serios desafíos de la seguridad hídrica que plantea el cambio climático.*

***Hartmut Bruehl, Presidente Interino del Comité Técnico de la Asociación Mundial para el Agua (Global Water Partnership Technical Committee)***

## CONTENIDO

---

### Resumen

1. El agua y la adaptación: formulación del problema	10
1.1. El agua es el medio principal a través del cual se sentirán los efectos anticipados del cambio climático	10
1.2. La seguridad hídrica es una prioridad para la adaptación, y para el mundo actual	13
1.3. Invertir en la seguridad hídrica es invertir en la adaptación	18
2. Los desafíos del cambio climático para la gestión del agua	23
2.1. La ciencia física	23
2.2. La dinámica socioeconómica	35
2.3 Factores agravantes	60
3. La adaptación al cambio climático a través de una mejor gestión del agua	68
3.1. La seguridad hídrica, objetivo primordial y marco para la adaptación	69
3.2. Seguridad hídrica mediante la gestión integrada de recursos hídricos	72
3.3 Adecuación de la GIRH para la adaptación	87
4. Financiamiento de una gestión de recursos hídricos adaptable	94
4.1 El financiamiento directo para la gestión del agua es el financiamiento directo para la adaptación	98
4.2 Financiamiento transfronterizo: creación de incentivos para las respuestas cooperativas	99
5. Conclusiones	101

## 1. EL AGUA Y LA ADAPTACIÓN: FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

---



Muchos de los efectos anticipados del cambio climático se manifestarán a través del agua. Los patrones cambiantes de la precipitación y de los caudales de los ríos afectarán a todos los usuarios del agua; una mayor incertidumbre y los requerimientos cambiantes del agua destinada a los cultivos migratorios amenazarán, en especial, a los agricultores de secano de escasos recursos; la intensificación de las sequías, inundaciones, tifones y monzones hará más vulnerables a muchas más personas; mientras que se acrecentarán los riesgos y las incertidumbres en relación con la incidencia de las enfermedades transmitidas por el agua, el derretimiento de los glaciares, las inundaciones causadas por el desbordamiento de lagos glaciares y el aumento del nivel del mar.

Es de suma importancia el hecho que, probablemente, estos efectos del cambio climático afecten principalmente a las comunidades más pobres que actualmente no cuentan con las herramientas para enfrentarlos, y que tampoco podrán hacerlo en el futuro. Si bien no se puede predecir con absoluta certeza la índole y magnitud de los impactos, la naturaleza de largo plazo de la gestión de recursos hídricos indica que las respuestas deben comenzar ya. Afortunadamente, una mejor gestión de los recursos hídricos también ayudará en la gestión de la variabilidad y los impactos del cambio climático – aspectos de desarrollo fundamentales en los países más pobres del mundo en la actualidad.

### **1.1. El agua es el medio principal a través del cual se sentirán los efectos anticipados del cambio climático**

Los problemas planteados por el calentamiento global y los cambios climáticos asociados al mismo se comprenden con creciente claridad, y existe un mayor consenso sobre su magnitud probable. Ya no son simples amenazas potenciales sino realidades inevitables de acuerdo al último Informe de Evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC, Intergovernmental Panel on Climate Change)<sup>1</sup>.

---

<sup>1</sup>IPCC, Cambio Climático 2007: “Impactos, Adaptación y Vulnerabilidad. Contribución del Grupo de Trabajo II al Cuarto Informe de Evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático” (*Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*), M.L. Parry, O.F. Canziani, J.P. Palutikof, P.J. van der Linden y C.E. Hanson, Eds., (Cambridge, Reino Unido, Cambridge University Press, 2007).

Por lo tanto, es importante que se preste la misma atención a la lidia con los efectos de un clima que está cambiando rápidamente (adaptación) que a las medidas para hacer frente a los factores generadores de dicho cambio (mitigación). Como lo afirma el IPCC, “independientemente del alcance que tengan las medidas de mitigación, las medidas de adaptación son necesarias”<sup>2</sup>. El énfasis debe virar de un enfoque orientado principalmente a la mitigación del cambio climático a uno más integrado que incluya la mitigación y la adaptación.

El mismo informe del IPCC manifiesta claramente que una vez que el clima comience a cambiar, los recursos hídricos serán uno de los sectores más afectados. Este no es un descubrimiento nuevo. El mismo fue puesto de relieve en la declaración final de las sesiones científicas de la Segunda Conferencia Mundial sobre el Clima, celebrada en 1990, que reconocía que: “Entre los impactos más importantes del cambio climático se encontrarán los efectos en el ciclo hidrológico y en los sistemas de gestión del agua y, a través de los mismos, en los sistemas socioeconómicos”<sup>3</sup>.

Algunos de los efectos del cambio climático simplemente reflejarán el rol del agua en la vida. Por ende, la agricultura de secano deberá adaptarse a los nuevos patrones de precipitación; los sistemas de atención de la salud tendrán que enfrentar variaciones en la incidencia de las enfermedades, como el cólera y la malaria, debido a los cambios en las ecologías; y deberán modificarse las infraestructuras, incluyendo a los caminos y los edificios, y en efecto la estructura misma de los asentamientos humanos para adaptarse a los cambios en los patrones de precipitación y de los caudales de los ríos.

Los cambios en el clima se amplificarán en el entorno del agua. El pronóstico generalizado indica que una alteración de tan sólo unos pocos grados centígrados – con el consiguiente cambio en la precipitación – podría aumentar el promedio del caudal de los ríos y la disponibilidad de agua en un 10 a un 40% en algunas regiones y reducirlos en un 10 a un 30% en otras.

---

<sup>2</sup> IPCC, Cambio Climático 2007: “Mitigación del Cambio Climático. Contribución del Grupo de Trabajo III al Cuarto Informe de Evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático” (*Climate Change 2007: Mitigation of Climate Change. Contribution of Working Group III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*) (Cambridge, Reino Unido y Nueva York, USA: Cambridge University Press, 2007).

<sup>3</sup> En la 45ta Asamblea General de Naciones Unidas, Adenda al Informe del Secretario General, “Progreso alcanzado en la implementación de la resolución 44/207 sobre la protección del clima mundial para las generaciones presentes y futuras” (*Progress achieved in the implementation of resolution 44/207 on protection of the global climate for present and future generations of mankind*), 8 de Noviembre de 1990, pág. 9.

Este efecto “multiplicador” – a través del cual pequeños cambios en las temperaturas se traducen en grandes cambios en los caudales de los ríos – podría tener un impacto mayor en los suministros de agua destinados a las comunidades urbanas cada vez más numerosas, como así también en otros tipos de infraestructura que se construyen para cubrir sus necesidades de albergue y transporte. Esto, a su vez, puede hacer que muchas industrias y gran parte de la agricultura que abastecen y alimentan a dichas comunidades queden muy vulnerables, incluso insostenibles.

Asimismo, se prevé que el clima mundial estará caracterizado por inundaciones y períodos de sequía cada vez mayores y más intensos. La población puede apreciar más fácilmente los peligros de un mundo más tormentoso que los peligros planteados por los cambios en la temperatura y los patrones de precipitación, porque los medios de comunicación los transmiten a través de imágenes de muerte y destrucción cuando se producen hechos como la devastación de Nueva Orleans por el Huracán Katrina en 2005 y las inundaciones en Bangladesh en 2007 causadas por el Ciclón Sidr, el cual arrojó un saldo de 3.400 muertos y dejó sin hogares a casi un millón de personas.

Debido a que los efectos del cambio climático se amplifican en el entorno del agua, también existen peligros que vayan más allá del sector hídrico. Si no se comprende la interacción entre el cambio climático y el entorno del agua, las estrategias en otros sectores para abordar el cambio climático no harán más que agravar los problemas y aumentar la vulnerabilidad de las comunidades y sus entornos ante las calamidades naturales y aquellas provocadas por el hombre.

Esto ya se ha observado en la prisa por aumentar la producción de biocombustibles, que intensificó el estrés hídrico y el hambre en muchas regiones. Otro ejemplo son las campañas en contra de la exportación de verduras y flores de regadío de Kenia por el daño ambiental que provocan los aviones de carga. Dichas campañas, en áreas donde el riego comercial ha aprovechado el agua de manera eficaz para generar trabajo, amenazan con provocar el desempleo generalizado, lo cual podría agravar los conflictos existentes en estas comunidades rurales de escasos recursos.

Por otro lado, los esfuerzos para resolver los problemas hídricos que no tienen en cuenta el cambio climático pueden agravar sus efectos negativos. La ingeniería de protección contra las inundaciones podrá proteger a las comunidades de una inundación “normal”, pero podrían dejarlas sumamente

vulnerables ante fallas de infraestructura catastróficas, como las que se observaron en las inundaciones provocadas por el desbordamiento del río Kosi en Nepal e India en 2008, que afectaron a más de 3 millones de personas. También podrían agravar potencialmente los desastres causados por las inundaciones en los eventos más extremos previstos en la mayoría de los escenarios de cambio climático, tal como quedó claramente demostrado con la catástrofe de Nueva Orleans de 2005, donde las medidas de control de inundaciones en el río Mississippi redujeron gradualmente la extensión de los humedales, que hubiesen amortiguado el impacto del Huracán Katrina. Y las estrategias para abordar la escasez de agua, como la desalinización que requiere un alto consumo energético, pueden a su vez agravar el cambio climático si se los aplica en gran escala.

El agua, por lo tanto, será el aspecto central de los riesgos y las respuestas inherentes a la adaptación al cambio climático. Esto no quiere decir que la gestión del agua contenga todas las respuestas; las mismas serán requeridas en muchos otros sectores. El agua es una parte importante del problema, y a su vez, una parte importante de la solución.

## **1.2. La seguridad hídrica es una prioridad para la adaptación, y para el mundo actual**

Centrarse en la seguridad hídrica constituye una estrategia sólida de adaptación temprana, que proporciona beneficios inmediatos a las poblaciones vulnerables y marginadas, promoviendo así los Objetivos de Desarrollo del Milenio, al mismo tiempo que fortalece los sistemas y la capacidad de gestión de los riesgos climáticos a largo plazo.

Sin embargo, ¿qué quiere decir “seguridad hídrica”? Muy a menudo, se la considera equivalente a “seguridad alimentaria” y “seguridad energética”, generalmente definidas como el acceso seguro a una cantidad suficiente de suministros<sup>4</sup>. Aquí nos centraremos en la seguridad del recurso hídrico, y por lo tanto utilizaremos una definición más amplia que incluya también los aspectos destructivos del agua – muchos de los cuales serán magnificados por el cambio climático.

---

<sup>4</sup>El *Plan de Acción de la Cumbre Mundial sobre la Alimentación* (1996) define a la seguridad alimentaria de la siguiente manera: “Existe seguridad alimentaria cuando todas las personas tienen en todo momento acceso físico y económico a suficientes alimentos inocuos y nutritivos para satisfacer sus necesidades alimentarias y sus preferencias en cuanto a los alimentos a fin de llevar una vida activa y sana.” Roma: FAO

<http://www.fao.org/docrep/003/w3613e/w3613e00.HTM>. Debería observarse también que la seguridad alimentaria está relacionada en gran medida con la seguridad hídrica, si bien dicha relación puede eludirse a través de la importación de alimentos.

Tomando a Grey y Sadoff (2007), definimos la seguridad hídrica como “la provisión confiable de agua cuantitativa y cualitativamente aceptable para la salud, la producción de bienes y servicios y los medios de subsistencia, junto con un nivel aceptable de riesgos relacionados con el agua”<sup>5</sup>.

Para alcanzar la seguridad hídrica, será necesario invertir tanto en infraestructura para almacenar y transportar el agua, y para tratar y reutilizar las aguas residuales, como así también en instituciones sólidas<sup>6</sup> y en la información y herramientas necesarias para predecir, planificar y enfrentar la variabilidad climática. Dichas inversiones ayudarán a las sociedades a adaptarse al cambio climático en el largo plazo y a manejar la variabilidad y los impactos del clima actuales, proporcionando de esta manera seguridad hídrica a las poblaciones y a los países más necesitados del mundo.

Muchas sociedades querrán ir más allá de la seguridad hídrica para sacar un mayor provecho de los beneficios económicos, sociales y ambientales que pueda proporcionar un uso más sabio del agua. Lograr y sostener la seguridad hídrica frente al cambio climático, e ir más allá de ella para aumentar la contribución del agua al bienestar socioeconómico constituyen los desafíos centrales de la adaptación.

***Allí donde no se haya alcanzado la seguridad hídrica, el cambio climático hará que el desafío de lograrla sea aún mayor***

Existen muchas sociedades donde aún no se ha alcanzado la seguridad hídrica. La escasez de lluvias y del recurso hídrico, a menudo exacerba la pobreza y el conflicto en las comunidades pobres. La otra cara de la moneda – demasiada agua en la forma de inundaciones – expone a las poblaciones pobres a riesgos económicos y de salud potencialmente devastadores.

En países como Etiopía (ver Cuadro 1), los medios de subsistencia – y por cierto las vidas – de muchos campesinos están sujetos a los caprichos de la precipitación. La prosperidad y el progreso social construidos lentamente a lo largo de muchos años pueden destruirse al cabo de algunas temporadas de sequía. El cuadro es similar en muchos otros países africanos donde, como ha quedado convincentemente demostrado en Kenia y Zimbabwe y también

---

<sup>5</sup>David Grey y Claudia W. Sadoff, “¿Hundirse o Nadar? La Seguridad Hídrica para el Crecimiento y el Desarrollo” (*Sink or Swim? Water Security for Growth and Development*), en *Water Policy* 9, Nro. 6 (2007): 545-571.

<sup>6</sup>Las instituciones se definen ampliamente aquí para incluir no sólo a las organizaciones formales, sino también a los sistemas de gobernabilidad, las políticas, las regulaciones e incentivos que influyen en la asignación, calidad, derechos y fijación de precios del agua, la gestión del recurso y la prestación de servicios.

en Etiopía, la suerte de economías nacionales enteras está íntimamente relacionada con buenos o malos períodos de precipitación. De manera similar, en la región del Sahel, la escasez de agua tras largos períodos de sequía ha exacerbado los conflictos sociales.

La relación entre la precipitación, la prosperidad y la armonía social es reconocida ampliamente por la mayoría de las sociedades, aunque rara vez se la expresa tan claramente como en el pequeño país de Lesotho en el sur de África, donde “¡Khotso! ¡Pula! ¡Nala!” (paz, lluvia y prosperidad) constituye un saludo tradicional y un lema nacional. Cerca de allí, en Botswana, ¡Pula! no solo significa lluvia sino que además quiere decir “suerte, vida y prosperidad”, razón por la cual la lluvia durante un casamiento u otro evento es considerada sumamente propicia.

En Asia, América Central y el Caribe, son con más frecuencia las inundaciones que las sequías las que tienen el impacto más devastador en las comunidades pobres. Desde Vietnam y las Filipinas hasta Honduras, Nicaragua y Cuba, el daño y las inundaciones provocadas por huracanes y los tifones que generan lluvias excesivas, mantienen a la población en la pobreza, destruyendo sus bienes y aumentando su vulnerabilidad económica.

En las tierras que están acostumbradas a situaciones extremas, se han producido una serie de hechos que sugieren condiciones cambiantes. A modo de ejemplo, las inundaciones que paralizaron a la ciudad de Bombay en India en 2005 fueron causadas por los casi 1.000 milímetros de lluvia – más de lo que la mayoría de los países reciben en un año – que cayeron en tan solo 24 horas. La amenaza radica en que incidentes como estos, descritos como “inundaciones que se producen una vez cada dos mil años”, se repetirán con mucha mayor frecuencia y en muchos más lugares – generando costos que empobrecerán aún más a los pobres.

A medida que las inundaciones y las sequías se vuelvan más extremas y más difíciles de predecir y abordar, el cambio climático dificultará aún más el logro de una seguridad hídrica.

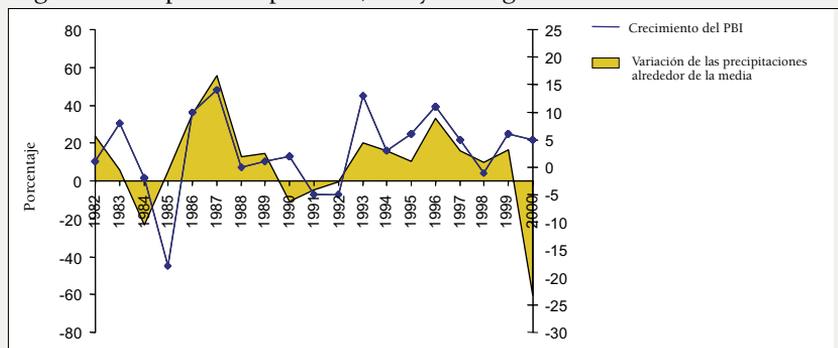
***Allí donde se ha alcanzado la seguridad hídrica, el cambio climático podría socavarla aumentando o modificando los riesgos***

En las últimas décadas, los programas para lograr el suministro de agua segura y confiable se han centrado en lograr acuerdos institucionales y financiamiento apropiado, dado que la infraestructura técnica, si bien costosa,

### Cuadro 1: Conexión entre la variabilidad de la precipitación y el crecimiento económico: el ejemplo de Etiopía

La variabilidad hidrológica socava seriamente el crecimiento económico y prolonga la pobreza en Etiopía. Se estima que el costo económico de la variabilidad hidrológica supera un tercio del potencial de crecimiento promedio anual del país, y estas bajas tasas de crecimiento empeoran con el tiempo. Los modelos económicos que incorporan la variabilidad hidrológica muestran que las proyecciones de las tasas de crecimiento promedio anual del PBI en Etiopía disminuyen un 38% como consecuencia de dicha variabilidad<sup>7</sup>. Etiopía cuenta con menos del 1% de la capacidad de almacenamiento de agua per cápita de los embalses que existen en América del Norte para manejar una variabilidad hidrológica mucho mayor.

Figura 1: Etiopía: Precipitación, PBI y PBI Agrícola



En Etiopía, el crecimiento económico es tan sensible a la variabilidad hidrológica que un solo evento de sequía dentro de un período de 12 años (el promedio histórico es de cada 3 a 5 años) disminuirá las tasas de crecimiento promedio a lo largo de dicho período en un 10%. Los efectos de la variabilidad hidrológica provienen de los impactos directos de la precipitación en el paisaje, la producción agrícola, las industrias que hacen un uso intensivo del agua y la producción de energía eléctrica.

Dado que Etiopía carece de infraestructura e instituciones de recursos hídricos para mitigar la variabilidad hidrológica directamente, y no posee la infraestructura de mercado que podría mitigar los impactos económicos de la variabilidad facilitando el comercio agrícola entre las regiones afectadas (déficit) y aquellas no afectadas (superávit) del país, los impactos se amplifican por los efectos de los insumos, los precios y los ingresos en la economía general. El impacto total hace que el crecimiento económico de Etiopía quede ligado estrechamente a las lluvias (ver Figura 1).<sup>8</sup>

*Fuente: World Bank, Managing Water Resources to Maximize Sustainable Growth: A Country Water Resources Assistance Strategy for Ethiopia (Washington, DC: World Bank, 2006).*

<sup>7</sup>El cálculo está basado en los resultados de un modelo económico de multimercados estocástico que refleja los efectos del déficit o el exceso de la precipitación en el agro y en los sectores no agrícolas.

<sup>8</sup>Este gráfico presenta una correlación que no necesariamente prueba la causalidad. Una pregunta interesante que plantea dicho gráfico es por qué las lluvias excesivas no están asociadas a un crecimiento del PBI más bajo. Podría analizarse una posible explicación tomando el caso de Kenia (ver Banco Mundial 2005). Aquí, la mayoría de los costos económicos de las sequías son las pérdidas en los ingresos del agro, mientras que los costos económicos de las inundaciones se manifiestan en los daños de infraestructura (es decir, caminos y puentes). En el cálculo del PBI, las pérdidas en el agro disminuyen directamente el PBI. Sin embargo, el daño de infraestructura, si fuese reparado inmediatamente, podría registrarse como inversión en las cuentas nacionales, lo cual en realidad aumentaría el PBI y explicaría por qué las lluvias excesivas parecen estar asociadas a un fuerte crecimiento.

no es excesivamente compleja. De manera similar, en muchos países, las comunidades agrícolas han encontrado un equilibrio entre la provisión y las limitaciones de sus recursos naturales y, aprovechando las oportunidades que permiten acceder a un mundo más amplio, han alcanzado medios de vida razonables. Se han establecido industrias en los países en desarrollo aprovechando la energía hidroeléctrica, que sigue siendo, por lejos, la fuente de energía renovable más grande del mundo en la actualidad.

Sin embargo, esta seguridad hídrica podría resultar ser ficticia si se socavara el recurso de agua sobre el cual está basada.

En este contexto, el cambio climático representa una seria amenaza. Los suministros de agua en muchos países se basan en la suposición de que las presas de las cuales se toma el agua proporcionarán un cierto rendimiento. Si la precipitación promedio declinan o las sequías duran más tiempo de lo esperado, dichas suposiciones ya no serán válidas y los suministros domésticos podrían estar en peligro. Los agricultores y otros grandes usuarios del agua enfrentan amenazas similares. En países como la India, Nepal, Kenia y Uganda, y hasta Chile y Brasil, uno de los efectos más serios de la sequía radica en la variabilidad de energía eléctrica, dado que menos precipitación implican menos cantidad de agua circulando por las turbinas que la generan (ver Cuadro 4).

El panorama, sin embargo, no es completamente desalentador. Existen lugares en el mundo donde se prevé que una mayor cantidad de precipitación aumentará la variabilidad hidrológica – si bien otros problemas, como las inundaciones y la diseminación de las enfermedades transmitidas por el agua, podrían atenuar dichas ventajas.

### ***Alcanzar y sostener la seguridad hídrica teniendo como trasfondo el cambio climático constituye el desafío inmediato de la adaptación***

Alcanzar la seguridad hídrica constituye en sí un problema fundamental de desarrollo. Además de la variabilidad natural del clima que impulsa el ciclo hidrológico, existen muchas demandas conflictivas de lo que es, esencialmente, un recurso fijo. Estas incluyen el aumento de la demanda de agua debido a los mayores requerimientos para las industrias, un mayor nivel de vida, y cambios en las dietas y en los patrones de producción (por ejemplo, a partir de la expansión de la producción de biocombustibles). En muchos países, la contaminación proveniente de la eliminación de desechos humanos e industriales también está reduciendo la cantidad de agua que puede utilizarse.

Agregar el cambio climático a esta potente mezcla aumenta la complejidad de los problemas que enfrentan los encargados de la gestión del agua y la sociedad en la lucha por satisfacer las nuevas demandas. Por ende, no se trata únicamente de alcanzar la seguridad hídrica ante la inminencia del cambio climático y todas las demás presiones que están surgiendo; es importante además, poder sostenerla.

### **1.3. Invertir en la seguridad hídrica es invertir en la adaptación**

Así como la mitigación del cambio climático esta siendo abordada a través de una serie de cambios fundamentales en la manera en que las sociedades producen y utilizan la energía, la adaptación será abordada en parte a través de una serie de cambios fundamentales en la manera en que estas administran y utilizan sus recursos de agua (y tierra).

Las medidas para implementar una sólida gestión de recursos hídricos son por naturaleza medidas de adaptación. Una mejor gestión de los recursos hídricos significa una mayor capacidad de recuperación en el presente y una adaptación más eficaz en el futuro. Las medidas deberán estar basadas en información fidedigna, la ciencia y las mejores prácticas tanto del campo del agua como del campo de la climatología.

Dada la complejidad del ciclo hidrológico y la naturaleza de las decisiones que deben adoptarse para su gestión, la información es esencial y, aún lo es mucho más la capacidad de entenderla y aplicarla. En muchos países, la capacidad de las principales instituciones a cargo de la gestión del agua en general, y sus funciones para la recopilación de información más específicamente, se encuentran bajo presión. Su capacidad para abordar los desafíos actuales – ni qué decir de los futuros – es limitada y necesita ser fortalecida con urgencia. Los recortes en sus presupuestos, muchas veces como consecuencia de las presiones financieras de corto plazo, han dejado más vulnerables a comunidades y países a largo plazo.

Si bien muchas de las respuestas a los desafíos de la gestión del agua son tan antiguas como la civilización, las nuevas circunstancias crean muchas necesidades – y muchas oportunidades – para la innovación y el pensamiento nuevo. Tanto los profesionales como el público en general necesitan tener acceso a la mejor información posible – incluyendo información sobre soluciones desarrolladas por comunidades de todo el mundo – para asegurar que puedan elegir las alternativas más apropiadas y que no queden atrapados por el pasado en un futuro sin salida. Se necesita invertir más en

la recolección y comunicación de información para que los profesionales y la comunidad más amplia de usuarios del agua puedan tomar mejores decisiones.

***Se necesitarán instituciones fuertes para recolectar y analizar información, y actuar en consonancia***

Las políticas y las prácticas hídricas deben apuntar al desarrollo de las instituciones, la información y la capacidad para predecir, planificar y hacer frente a la variabilidad climática estacional e interanual, como estrategia de adaptación al cambio climático en el largo plazo. Para lograr los objetivos de seguridad y desarrollo hídricos, es necesario que las instituciones puedan hacer que los usuarios del agua y los encargados de la gestión del recurso participen en forma interactiva de manera que mejore su habilidad para comprender y abordar la incertidumbre, y responder a los nuevos desafíos a medida que se presentan.

Los efectos de la variabilidad – agravados por el cambio climático – se sentirán en diferentes niveles y deberán ser abordados en diferentes niveles. Los productores agrícolas, las organizaciones comerciales, los residentes urbanos y los gobiernos nacionales deberán, todos por igual, ocuparse de los problemas y tomar decisiones difíciles. Debido a que las decisiones en todos los niveles pueden afectar el recurso en su totalidad, éstas deberán ser coherentes entre sí para ser efectivas.

Para lograrlo, es importante establecer instituciones eficaces, centradas en la gestión del agua, con estructuras de gobernabilidad que apoyen la participación de las distintas partes interesadas en los procesos de toma de decisiones. Dichas instituciones deberían estar conectadas con los diferentes niveles de la administración y, dado que la gestión del agua afecta a tantas otras actividades, deberían formar parte de la esfera general de gobierno.

***Será necesario invertir en las tres “I” (información, instituciones, infraestructura)***

En la actualidad, es un hecho ampliamente reconocido que las soluciones que brinda la ingeniería, si bien son de vital importancia y una parte integral de todo enfoque futuro de la gestión del agua, no serán suficientes por sí mismas para resolver los problemas hídricos del mundo. Existe una gama de problemas sociales, económicos y políticos que deben ser atendidos y una gama igualmente amplia de herramientas duras o “hardware” y blandas o “software” con las cuales hacerlo.

Un mundo con seguridad hídrica necesitará inversiones en las tres “I”: Información mejor y más accesible, Instituciones más fuertes y adaptables, e Infraestructura natural y artificial para el almacenamiento, transporte y tratamiento del agua. Dichas necesidades se manifestarán en todos los ámbitos – proyectos, comunidades, naciones, cuencas hídricas y a nivel global. Será complejo armonizar y secuenciar una combinación de respuestas de inversiones “duras” (infraestructura) y “blandas” (instituciones y capacidad). La información, el proceso de consulta y la gestión adaptativa serán esenciales.

Asimismo, es poco probable que puedan evitarse las difíciles concesiones que surgen al momento de armonizar las tres “E”: las prioridades económicas, del entorno ambiental y de equidad. Estos tres principios constituyen una fórmula esencial para medir el desarrollo sostenible en general, y la gestión del agua más específicamente.

El “arte de la adaptación” en la gestión del agua radicará en lograr la correcta combinación de las tres “I” (información, instituciones e infraestructura) para alcanzar el deseado equilibrio entre la tres “E” (economía, entorno ambiental y equidad).

## **Cuadro 2: Decisiones de inversión ante el cambio climático: la Región Montañosa de Lesotho**

Un ejemplo práctico de los desafíos planteados por el cambio climático es la decisión que debió tomarse en Sudáfrica con respecto a la fuente que debería elegirse para realizar el siguiente aumento sustancial en el suministro de agua en la zona metropolitana de Johannesburgo y su importante cordón industrial. Las dos opciones principales eran:

- Ampliar el Proyecto Hidráulico de la Región Montañosa de Lesotho existente, lo cual implicaría tomar más agua del sistema del río Orange, que surge en las montañas de Lesotho y desemboca en el Océano Atlántico en la frontera con Namibia, y volcarla en el sistema del río Vaal.
- Capturar el agua al otro lado de la divisoria de aguas, del río Tugela y de otros ríos más cortos y pequeños que desembocan en el Océano Índico sobre la Costa Este, y trasvasarla a la cuenca del Vaal.

Ambas opciones eran costosas - superaban los mil millones de dólares - y requerían una década para su planificación y construcción, por lo cual no se podía tomar una decisión a la ligera. Los costos comparativos de ambas alternativas no eran disímiles.

Los factores que afectaron la decisión incluían diferencias en los costos de operación, dado que una solución requería menos bombeo de agua que la otra, y consideraciones políticas, debido a que el tratado existente entre Lesotho y Sudáfrica establece un mayor escalonamiento de los trasvases, y una fase adicional generaría una considerable inyección de fondos para Lesotho. Sin embargo, los gastos de inversión son siempre un factor importante para determinar el costo de vida útil del suministro de agua, por lo tanto los costos comparativos de ambas alternativas fueron una cuestión importante. Pero las diferencias aparentes en el costo unitario del agua calculado para cada proyecto serían irrelevantes si los pronósticos hidrológicos sobre los que se basan no son confiables o comparables.

La climatología ofrecía una ayuda limitada para tomar esta decisión. La misma actualmente sugiere que para Sudáfrica, en lo que a precipitación se refiere, las zonas oeste y suroeste se tornarán más secas, mientras que la zona este del país permanecerá igual o incluso volverse más húmeda.

En este caso, las predicciones climáticas sugerían que podía ser menos riesgoso optar por la fuente de ríos del lado este, dado que se prevé que esa zona estará menos afectada por el cambio climático y tendría la ventaja de mantener el equilibrio entre las diferentes fuentes – un sistema más resistente. Pero estas predicciones tenían poco peso dado que los diferentes modelos no concordaban, y la información concreta sobre los costos de los proyectos debía contrastarse con lo que, actualmente, es una información climática mucho menos precisa. Sin embargo, finalmente se tomó la decisión de elegir el proyecto de Lesotho por otras razones relacionadas con el clima: se consideró que desde el punto de vista de la mitigación, los requerimientos de energía para el bombeo de agua de la obra hidráulica del lado oriental representaban un serio problema.

## **Cuadro 2: Decisiones de inversión ante el cambio climático: la Región Montañosa de Lesotho, continuación.**

De acuerdo al Departamento de Asuntos Hídricos y Bosques, las razones para elegir la opción de la Región Montañosa de Lesotho fueron las siguientes: “el proyecto tiene un requerimiento de energía bajo dado que el agua puede trasvasarse por gravedad hacia Sudáfrica sin recurrir al bombeo – a diferencia de la opción de Tugela que requiere un consumo intensivo de energía ya que el agua debe bombearse desde el río Tugela a través de la escarpadura. Además, también se puede incrementar la producción actual de energía hidroeléctrica de la Fase 1 del Proyecto Hidráulico de la Región Montañosa de Lesotho. El proyecto aportaría grandes beneficios a Lesotho como así también un beneficio regional, dado que no generará un aumento de las emisiones de carbono” (Resultados de la Discusión de Gabinete, 4 de diciembre de 2008).

Este ejemplo ilustra la razón por la cual muchos profesionales sostienen que aún no es posible para los encargados de la gestión del agua, especialmente en los países de bajos ingresos, incluir en sus planes la adaptación al cambio climático. Sin embargo, la lógica indica que las inversiones en el sector hídrico deberían diseñarse en función de su desempeño bajo regímenes climáticos futuros. Por ende, el desafío actual radica en mejorar las descripciones de esos posibles regímenes reduciendo las incertidumbres que se multiplican en cada etapa del ciclo hidrológico – desde predicciones de temperaturas a estimaciones de lluvias, evaporación, infiltración y escurrimiento – para obtener predicciones razonablemente confiables de los caudales y de la disponibilidad de agua subterránea. Cuanto mejor se puedan predecir dichos caudales, mejor será su gestión.

*Fuentes: Departamento de Asuntos Hídricos y Bosques, Resultados de la Discusión de Gabinete sobre el Agua y el Aumento del Sistema del Río Vaal, Comunicado de prensa, 4 de diciembre de 2008; Mike Muller, “Adaptación al cambio climático: Gestión del agua para la capacidad de resistencia urbana” (Adapting to climate change: Water management for urban resilience), Environment and Urbanization 19, Nro. 1 (2007): 99-113.*

## 2. LOS DESAFÍOS DEL CAMBIO CLIMÁTICO PARA LA GESTIÓN DEL AGUA

---

**P**ara comprender los desafíos que nos acechan, es necesario observar el cambio climático y sus efectos a través de diferentes lentes – físicos, sociales y económicos. También resulta útil examinar otras presiones sobre el recurso que ya están llevando al límite la capacidad de muchas sociedades para enfrentarlas.

### 2.1. La ciencia física

Existe un consenso general de que el cambio climático tendrá efectos negativos sustanciales sobre el ciclo global del agua dulce a nivel mundial. El IPCC nos dice:

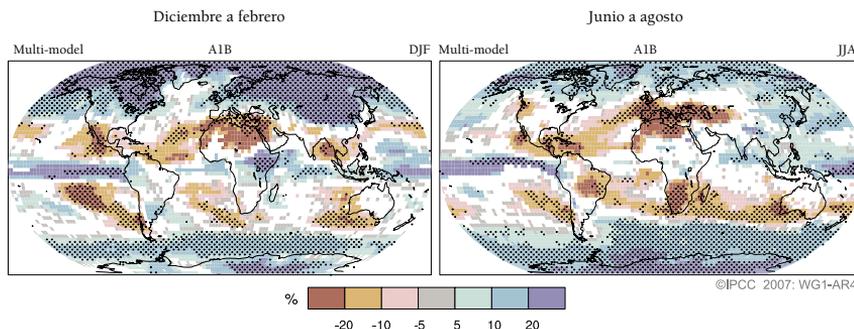
**A nivel mundial, se espera que los efectos negativos del cambio climático futuro en los sistemas de agua dulce superen los beneficios (*certeza alta*). Se estima que para la década de 2050, el área sujeta a un mayor estrés hídrico debido al cambio climático será dos veces mayor que aquella donde el estrés hídrico sea menor. Las áreas donde se proyecta una disminución de la escorrentía enfrentan una clara reducción del valor de los servicios proporcionados por los recursos hídricos. Se espera que una mayor escorrentía anual en algunas áreas genere un mayor suministro total de agua. Sin embargo, es probable que en muchas regiones este beneficio sea contrarrestado por los efectos negativos que una mayor variabilidad de la precipitación y los cambios estacionales en la escorrentía tendrán sobre el suministro y calidad del agua, y el riesgo de inundaciones (*certeza alta*).<sup>9</sup>**

Pero la ciencia física que relaciona el cambio climático con la hidrología no se comprende cabalmente. Se necesitan importantes esfuerzos para modelar y predecir los cambios en el ciclo hidrológico que podrían derivar del cambio climático – no sólo a nivel global, sino también en el ámbito de la toma de decisiones. Esta sección examina algunas de las cuestiones técnicas clave, y las relaciona con las conclusiones más recientes del Equipo Técnico del IPCC en relación con el agua y el clima.

---

<sup>9</sup> Bates, B.C., Z.W. Kundzewicz, S. Wu y J.P. Palutikof, Eds.: “El Cambio Climático y el Agua. Documento Técnico del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático” (*Climate Change and Water. Technical Paper of the Intergovernmental Panel on Climate Change*), Ginebra: Secretaría del IPCC, página 3.

Figura 2. Patrones Previstos de los Cambios en las Precipitaciones



Pie de foto: Cambios en los porcentajes de las precipitaciones para el período 2090-2099 respecto a 1980-1999. Los valores son promedios de multimodelos basados en el escenario SRES A1B. Las áreas blancas son aquellas donde menos del 66% de los modelos concuerda en los signos del cambio y las áreas punteadas son aquellas donde concuerda más del 90% de los modelos.

Fuente: IPCC, 2007: Resumen para los Formuladores de Políticas en: “El Cambio Climático 2007: El fundamento de la Ciencia Física. Contribución del Grupo de Trabajo I al Cuarto Informe de Evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático” (Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change) (Solomon, S., D. Qin, M. Manning, Z. Chen, M. Marquis, K.B. Averyt, M. Tignor y H.L. Miller) Cambridge University Press, Cambridge, Reino Unido y Nueva York, USA.

### Patrones cambiantes de la precipitación

Actualmente, los pronósticos de precipitación siguen siendo relativamente generales y son más bien indicativos que definitivos (ver Figura 2). Si bien los pronósticos regionales se realizan con un nivel de precisión creciente, por lo general no están comprobados y sólo pueden utilizarse para describir los tipos de problemas que podrían surgir. Corresponde aplicar advertencias similares a otra dimensión clave de la variabilidad climática: los pronósticos que afirman que se producirán más eventos extremos.

En Abril de 2008, el equipo técnico del IPCC que trabajó sobre esta cuestión sólo pudo afirmar que:

Las simulaciones de los modelos climáticos para el siglo 21 coinciden en la proyección de aumentos en la precipitación en latitudes elevadas (*muy probable*) y en algunos lugares de los trópicos, y disminuciones en algunas regiones subtropicales y de latitudes medias más bajas (*probable*). Fuera de estas áreas, el signo y magnitud de los cambios proyectados varían entre los modelos, generando una considerable incertidumbre en las proyecciones de precipitación. De esta manera, las

proyecciones de cambios en la precipitación futuras son más uniformes para algunas regiones que para otras. Las proyecciones coinciden menos entre los modelos a medida que disminuyen las escalas espaciales.<sup>10</sup>

De manera similar, con respecto a la probabilidad de las situaciones extremas, la conclusión fue la siguiente:

**Se estima que una mayor intensidad y variabilidad de la precipitación aumentará los riesgos de inundaciones y sequías en muchas áreas.** Es muy probable que la frecuencia de las precipitaciones intensas (o la proporción total de las lluvias intensas) aumente en la mayoría de las áreas durante el siglo 21, con consecuencias para el riesgo de inundaciones provocadas por lluvias. Al mismo tiempo, se estima que la proporción de superficie terrestre con sequías extremas en cualquier momento dado aumentará (probable), además de una tendencia a la aridez en la región interior continental durante el verano, especialmente en los subtrópicos, y en las latitudes medias y bajas.<sup>11</sup>

Si bien resulta difícil realizar predicciones acertadas acerca del futuro de la precipitación y las tormentas, es mucho más difícil predecir el efecto de la temperatura y las precipitaciones cambiantes sobre la disponibilidad de agua en ríos, lagos y fuentes subterráneas.

Mientras que la cantidad y periodicidad de la precipitación es de vital importancia para ciertos usuarios del agua, especialmente para los agricultores, la mayoría de ellos extraen el agua de recursos hídricos superficiales, como ríos o lagos, o de fuentes subterráneas. Si bien dichas fuentes están alimentadas por el agua proveniente de las lluvias, la relación entre la cantidad de agua caída y la cantidad de agua disponible en ríos, lagos o a nivel subterráneo es compleja.

### ***Escorrentía y caudal***

Una reducción de la escorrentía será quizás el efecto más serio del calentamiento global sobre el ambiente hídrico. Los ríos crecen cuando el agua de las lluvias se “escurre” por la tierra o se filtra hacia los acuíferos para luego surgir como manantiales. En igualdad de condiciones, con un suelo más seco y una mayor evaporación producto de temperaturas más altas, una menor cantidad de agua se escurrirá hacia los ríos o se filtrará hacia los

---

<sup>10</sup>Ibid.

<sup>11</sup>Ibid.

Figura 3. Cambios en la escorrentía proyectados para 2080 para México y América Central



Pie de foto: Se estima que México y América Central experimentarán una reducción significativa de la escorrentía. La consiguiente reducción de la disponibilidad de agua afectará considerablemente la agricultura de la región, con efectos desproporcionados para los agricultores de secano pobres. Incluso las áreas de riego a gran escala, como las que se encuentran dentro de la región agrícola productora de cereales en México, se verán afectadas.

Fuente: “En busca de refugio: mapeo de los efectos del cambio climático en la migración humana” (*In search of shelter: mapping the effects of climate change on human migration*). Copyright © 2008 Cooperative for Assistance.

acuíferos más profundos. Esta es la razón por la cual el cambio climático se “amplifica” en el ciclo hidrológico.

Es poco probable que los “otros aspectos”, que incluyen los tipos de vegetación y la periodicidad e intensidad de la precipitación, permanezcan sin cambios. La vegetación sufrirá alteraciones como resultado de los cambios en la temperatura, la precipitación y la concentración de  $\text{CO}_2$ . Se modificarán la intensidad y periodicidad de las lluvias como consecuencia de los cambios en los patrones de circulación inherentes al calentamiento global de la atmósfera.

En ciertas regiones más secas, especialmente en África subsahariana y en la región mediterránea, como así también en Asia del Sur y Australia, se estima

con mayor certeza una reducción de los caudales del más del 50%. Se prevé además que muchos arroyos perennes se volverán estacionales y otros se secarán en forma permanente<sup>12</sup>. Este cambio podría tener efectos devastadores sobre las actividades humanas y provocar cambios permanentes en los ecosistemas, incluyendo la extinción de muchas especies.

En el otro extremo, las precipitaciones más intensas saturarán el suelo más rápidamente que de costumbre. Si continúa lloviendo, se escurrirá más agua hacia los arroyos y ríos, y las inundaciones serán más grandes y provocarán más daños.

El IPCC resume estas conclusiones de la siguiente manera:

**Para mediados del siglo 21, se estima que la escorrentía promedio anual de los ríos y la disponibilidad de agua aumentarán como resultado del cambio climático en las latitudes altas y en ciertas áreas tropicales húmedas, y disminuirán en algunas regiones secas en las latitudes medias y en los trópicos secos. Muchas zonas áridas y semiáridas (la cuenca del Mediterráneo, el oeste de los Estados Unidos, el sur de África, y el noreste de Brasil) están particularmente expuestas a los efectos del cambio climático y se estima que sufrirán una reducción de los recursos hídricos debido al cambio climático (*certeza alta*).<sup>13</sup>**

### **Temperatura, evaporación y aridez**

Como ya se ha señalado, un efecto del aumento de la temperatura es el aumento de los índices de evaporación. Dado que el equilibrio entre la evaporación y la precipitación determina si un clima es húmedo o árido, la aridez tenderá a aumentar allí donde el aumento de la temperatura no esté correspondido por mayor precipitación. Un cambio en la periodicidad e intensidad de la precipitación podría también provocar la transición de la humedad a la aridez. Los cambios en la aridez tendrán un efecto sustancial tanto en la escorrentía de agua superficial como en la recarga de agua subterránea.

---

<sup>12</sup>Maarten de Wit y Jacek Stankiewicz: “Cambios en el Abastecimiento de Agua Superficial en África con el Cambio Climático Previsto” (*Changes in Surface Water Supply Across Africa with Predicted Climate Change*), en *Science* 311, Nro. 5769 (2006): 1917-1921; publicado online el 1º de Marzo de 2006 [DOI: 10.1126/science.1119929].

<sup>13</sup>El Cambio Climático y el Agua (*Climate Change and Water*), página 3.

La aridez se define técnicamente como la relación entre la precipitación y la evaporación potencial. La “curva de Budyko” ofrece la mejor explicación de esta relación. La misma describe de qué manera la “escorrentía” de una cuenca depende del equilibrio entre la evaporación potencial y la precipitación. La evaporación potencial está determinada por la cantidad de energía de una cuenca – generalmente la luz del sol. En los climas húmedos, la evaporación es menor que la precipitación, lo que asegura que el exceso de agua se “escurra” hacia los ríos y lagos o se filtre en el suelo. En los climas áridos, la evaporación potencial excede la precipitación y la evaporación real depende de la cantidad de agua disponible para la evaporación. La escorrentía o filtración hacia el agua subterránea se produce únicamente en los períodos en los que se produce suficiente precipitación como para “ahogar” la evaporación.

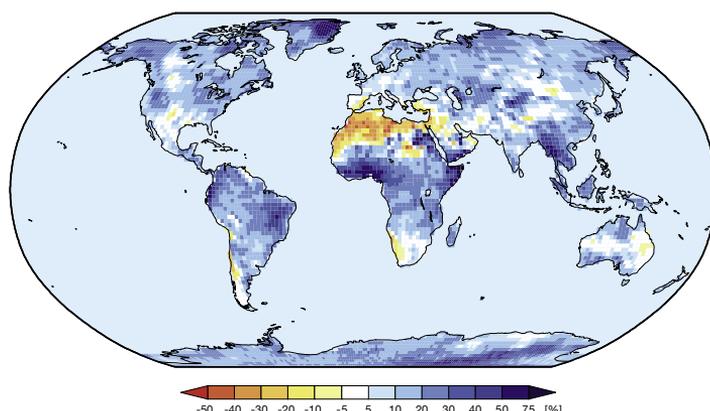
Comprender esta relación constituye una poderosa herramienta para predecir cambios futuros, pero también tiene ciertas limitaciones. Es importante señalar que los análisis raramente han tenido en cuenta los cambios en la vegetación.

### *Recarga y almacenamiento cambiante del agua subterránea*

Una de las tareas más difíciles en la gestión de los recursos hídricos es el monitoreo y la gestión del agua subterránea, de la cual dependen muchas comunidades para su suministro hídrico. Debido a que es esencialmente “invisible”, su uso no sostenible a menudo sólo se reconoce cuando las bombas se quedan sin agua. Así como la escorrentía de las precipitaciones que fluye hacia los ríos y arroyos se ve afectada por los cambios en la temperatura y el uso del suelo, lo mismo ocurre con la filtración del agua hacia las formaciones subterráneas.

En las zonas templadas y los trópicos húmedos, el agua generalmente permanece en la superficie durante días y semanas en los períodos de lluvias y de esta manera puede filtrarse lentamente hacia los acuíferos subterráneos. La situación en los climas más secos es mucho menos predecible. En los climas más cálidos y áridos, donde la tierra está generalmente seca, la primera lluvia que cae es absorbida por las capas superiores del suelo; si luego sigue un período seco, gran parte de la humedad será utilizada por la vegetación o se evaporará nuevamente hacia la atmósfera. Por lo tanto, es únicamente cuando se producen precipitaciones relativamente abundantes, concentradas a lo largo de pocos días, que se acumula suficiente cantidad de agua en la superficie y en las capas superiores del suelo, permitiendo que el excedente luego se filtre hacia el acuífero subterráneo.

Figura 4. Cambios porcentuales de la precipitación extrema anual bajo el escenario A1B.



Pie de foto: Aquí se define a la precipitación extrema anual como la cantidad máxima de precipitación en un periodo de 5 días en un año determinado. La figura muestra el cambio porcentual en la media de 30 años para el periodo 2071-2100 en relación a la media para el periodo 1961-1990.

Fuente: Andrew Thow y Mark de Blois: "El cambio climático y la vulnerabilidad humana: Mapeo de las tendencias emergentes y las áreas de riesgos para los actores humanitarios: Volumen 2: Anexo técnico y mapas adicionales" (Climate change and human vulnerability: Mapping emerging trends and risk hotspots for humanitarian actors: Volume 2: Technical annex and additional maps). Copyright © 2008 Cooperative for Assistance and Relief Everywhere, Inc. (CARE). Utilizado con autorización.

La intensidad y duración de las precipitaciones constituye, por ende, un factor crítico al momento de determinar qué proporción de la precipitación contribuirá eventualmente a la recarga de los acuíferos; la aridez inicial del suelo y la naturaleza de la vegetación que lo cubre se relacionan de manera similar. Se estima que todas estas dimensiones sufrirán modificaciones bajo la mayoría de los escenarios de cambio climático.

### Calidad del agua

La capacidad de los recursos de agua superficial para recibir, diluir y eliminar los desechos humanos depende de los volúmenes de agua que fluyen dentro de los mismos. Toda reducción en el caudal de los ríos disminuirá su capacidad para diluir los desechos, y se requerirán mayores inversiones para alcanzar los mismos niveles de protección ambiental o para el tratamiento de las aguas residuales para su reutilización.

La variación de los patrones de escorrentía y de las temperaturas puede generar efectos en la calidad del agua que la vuelvan inutilizable (como ocurre en la agricultura, donde la salinidad es el principal factor determinante de la

viabilidad), o impongan costos adicionales de tratamiento a los usuarios (como en el caso de la eutrofización de las aguas utilizadas para fines domésticos).

La intrusión del agua de mar en los sistemas de agua dulce costeros es otra consecuencia posible del cambio climático. Y esto no sólo ocurrirá en áreas afectadas por un aumento del nivel del mar sino también en los lugares donde una reducción en el caudal de los ríos reduzca su capacidad para frenar el ingreso de agua de mar aguas arriba. A medida que aumente el nivel de salinidad en los estuarios y en el agua subterránea, los ecosistemas y la actividad humana en las zonas costeras dispondrán de menos agua dulce.

### *Inundaciones, sequías y tormentas más intensas y más frecuentes*

La incidencia de inundaciones y sequías. Las temperaturas más altas generarán una mayor evaporación del océano y otras fuentes, que a su vez generarán las condiciones para más y mayores precipitaciones. La consecuencia de esto será que las inundaciones y sequías que ahora constituyen eventos excepcionales serán cada vez más comunes, al mismo tiempo que comenzarán a producirse nuevos eventos extremos.

Como sucede con muchos efectos del cambio climático, los desastres relacionados con el clima están afectando a las comunidades pobres de manera desproporcionada. El Informe sobre Desarrollo Humano de la ONU de 2008 afirmó que desde 2000 a 2004, alrededor de 262 millones de personas fueron afectadas por desastres climáticos anualmente. Más del 98 por ciento de esas personas vivía en países en desarrollo.

### *Derretimiento de los glaciares y de la nieve y pérdida del almacenamiento*

La reducción de los glaciares y del volumen de agua “almacenada” en los campos de nieve constituye uno de los impactos más tempranos del cambio climático en los recursos hídricos. Hasta hace poco tiempo, el rol de los campos de nieve y de los glaciares de “atenuar” la variabilidad de las precipitaciones no se reconocía ampliamente. Sin embargo, esto ha cambiado debido a la amenaza del cambio climático.

Actualmente, estas áreas actúan como grandes reservorios naturales, recolectando y acumulando agua en forma de nieve durante el invierno y liberándola gradualmente en forma de agua de deshielo en el verano. Bajo la mayoría de los escenarios de calentamiento global, el derretimiento de la nieve y de los glaciares primero aumentará y luego disminuirá los caudales de los ríos durante el transcurso de algunas décadas, provocando inundaciones en un primer lugar, y luego, sequías. Es probable que exista también una

considerable erosión de las superficies terrestres que queden expuestas, lo cual afectará la calidad del agua.

El suministro de agua de la sexta parte de la población mundial depende del derretimiento de la nieve y de los glaciares<sup>14</sup>. Y son aún más las personas que dependen de ríos de deshielo para consumo y para la agricultura, la navegación y la energía hidroeléctrica. La pérdida de los glaciares es particularmente importante en la región Andina de América del Sur (ver Cuadro 3) y en la región occidental de los Himalayas en Asia del Sur. En los Andes, los suministros de agua dependen regularmente del derretimiento de la nieve y los glaciares en forma directa. Quito, la capital de Ecuador, por ejemplo, extrae el 50% de su suministro de agua de las cuencas glaciares de Antisana y Cotopaxi<sup>15</sup>. En la cuenca del río Indo, zona de intensa actividad agrícola que alberga a 180 millones de habitantes, hasta el 50% del caudal de los ríos se atribuye al derretimiento de los glaciares<sup>16</sup>.

Un riesgo asociado es lo que se conoce como crecidas repentinas de los lagos glaciares o GLOF por las siglas de su denominación en inglés. A medida que los glaciares se derriten, se forman lagos contenidos por morrenas – básicamente presas de tierra formadas por la acumulación de roca y tierra transportada por los glaciares a medida que se desplazan. Cuando los glaciares retroceden, estos lagos crecen y sus presas naturales deben soportar más presión por el aumento del nivel del agua. Como resultado de esto, podrían producirse crecidas impredecibles y repentinas, con resultados catastróficos. El Centro Internacional para el Desarrollo Integrado de las Montañas (ICIMOD, International Center for Integrated Mountain Development) identificó en la cadena montañosa del Hindu Kush- Himalaya más de doscientos lagos glaciares en peligro de desborde repentino.<sup>17</sup>

<sup>14</sup>T. P. Barnett 1, J. C. Adam 2 y D. P. Lettenmaier: “Efectos potenciales del calentamiento del clima sobre la disponibilidad de agua en regiones donde predomina la nieve” (*Potential impacts of a warming climate on water availability in snow-dominated regions*), en *Nature* 438 (2005): 303-309.

<sup>15</sup>W. Vergara, A. M. Deeb, A. M. Valencia, R. S. Bradley, B. Francou, A. Zarzar, A. Grünwaldt, y S. M. Haeussling: “Impactos Económicos del Rápido Retroceso de los Glaciares en los Andes” (*Economic Impacts of Rapid Glacier Retreat in the Andes*), en *Eos Trans. AGU* 88, Nro. 25 (2007): DOI:10.1029/2007EO250001.

<sup>16</sup>Mats Eriksson, Xu Jianchu, Arun Bhakta Shrestha, Ramesh Ananda Vaidya, Santosh Nepal, y Klas Sandström: “Los Himalayas Cambiantes – Efectos del cambio climático sobre los recursos hídricos y los medios de subsistencia en los Grandes Himalayas” (*The changing Himalayas – Impact of climate change on water resources and livelihoods in the Greater Himalayas*). Documento de Perspectivas para el V Foro Mundial del Agua, Estambul. Katmandú: ICIMOD (2009).

<sup>17</sup>ICIMOD, “Inventario de los Glaciares, Lagos Glaciares e Identificación de Potenciales Crecidas Repentinias de los Lagos Glaciares (GLOF) Afectados por el Calentamiento Global en las Montañas de los Himalayas” (*Inventory of Glaciers, Glacial Lakes and Identification of Potential Glacial Lake Outburst Flood (GLOFs) Affected by Global Warming in the Mountains of Himalayan Region*) (Katmandú: ICIMOD, 2007). DVD/CD-ROM.

### Cuadro 3: Los impactos del cambio climático en los Andes chileno-argentinos

La Cordillera de los Andes es de vital importancia para los recursos hídricos de Argentina y Chile, dado que la precipitación que se produce en sus montañas representa el 80% del agua disponible para las provincias mediterráneas en la región central de ambos países.

Estos recursos son de particular interés para la región central de Chile y para los oasis en las regiones de Cuyo y el norte de la Patagonia al oeste de Argentina. En dichas áreas, donde predominan el clima árido y semiárido y el régimen de precipitación mediterráneo, la agricultura de regadío tiene un alto rendimiento – con 1.300.000 hectáreas en Chile y alrededor de 400.000 hectáreas en Argentina que dependen de arroyos primaverales y estivales alimentados por el agua de deshielo proveniente de las altas cumbres de la cordillera. El terreno también favorece la generación de energía hidroeléctrica, la que asciende a 4.000 MW en Chile y 750 MW en Argentina.

Los modelos climáticos mundiales predicen en forma sistemática un aumento de la temperatura del aire y un agravamiento de las condiciones áridas en estas regiones<sup>18</sup>. Dada la importancia de los recursos hídricos para la salud económica de estas regiones, ambos países han trabajado para desarrollar modelos de predicción climática más precisos que permitan obtener una representación más realista del efecto de los Andes sobre las cuencas hidrográficas.

Los resultados de esta investigación arrojan que, para fines del siglo 21, la zona cordillerana podría experimentar un aumento promedio de la temperatura de hasta 4° C y una precipitación más variable con una disminución promedio del 15% en la ladera occidental (Chile) y en la zona montañosa, y un aumento en las estribaciones de la ladera oriental (Argentina)<sup>19</sup>.

Debido a las características hidrológicas de la región, los aumentos de temperatura previstos amplificarían notablemente su impacto sobre los caudales. Las altas temperaturas elevan la línea de nieve, con la consiguiente reducción del área con acumulación de nieve invernal, y generan una mayor precipitación en forma de lluvia en lugar de nieve. También aceleran su derretimiento. Por lo tanto, los caudales invernales y primaverales aumentarán y los caudales estivales y otoñales disminuirán.

Un aumento de la temperatura de 3° C, aún sin una modificación en la precipitación, generaría un aumento del 100% en los caudales invernales mensuales en algunas de las cuencas centrales de Chile, y una disminución de alrededor del 30% en los meses estivales<sup>20</sup>. Las simulaciones para fines del siglo 21 que también contemplan la disminución de la precipitación prevista muestran una reducción de los caudales estivales superior al 50%<sup>21</sup>. Un agravamiento de estas predicciones extremas es el retroceso observado en los glaciares de la región.

<sup>18</sup>Secretaría de Medio Ambiente de la Nación (2009), *Cambio Climático en Argentina*; CONAMA-Chile, *Plan de Acción Nacional de Cambio Climático 2008-2012*.

<sup>19</sup>PNUD-SECYT (1997). *Vulnerabilidad de los Oasis comprendidos entre 29°S y 38°S ante condiciones más secas en los Andes altos*. Proyecto ARG/95/G/31; Dpto. Geofísica (Universidad de Chile) – CONAMA (2006). *Estudio de la Variabilidad Climática en Chile, para el Siglo XXI*.

<sup>20</sup>Humberto Peña (1987). *Sensibilidad del Régimen Hidrológico de la Cuenca del río Maipo frente a un cambio Climático*, 20th Congress of the Chilean Society of Hydraulic Engineering.

<sup>21</sup>X.Vargas; E. Rubio, G. Mardones y D. Mena (2008). *Análisis del Stress Hídrico en Cuencas Chilenas por Efecto del Cambio Climático*, X Jornadas Francisco Javier Domínguez, Sociedad Chilena de Ingeniería Hidráulica.

### Cuadro 3: Los impactos del cambio climático en los Andes chileno-argentinos, continuación.

Un aumento de la temperatura implica un aumento de la evapotranspiración vegetal, que representa alrededor del 80% de la demanda total de agua; por ende, este efecto combinado con los cambios en la disponibilidad de agua tiene serias implicaciones para la seguridad hídrica de la región, en especial para la agricultura. La generación de energía hidroeléctrica no sufriría la misma repercusión dado que la demanda actual de electricidad es mayor en los meses de invierno, durante los cuales se prevé un aumento de los caudales.

Además de afectar la disponibilidad de agua para diferentes usos, el aumento de las temperaturas también aumentaría el riesgo de inundaciones. En el caso de Chile, esto podría comprometer seriamente la seguridad de las principales ciudades emplazadas al pie de los Andes. Consideremos, por ejemplo, a la capital del país, Santiago: si un aumento de la temperatura elevara la línea de nieve unos 500 metros, según los pronósticos de los escenarios de cambio climático para fines del siglo <sup>21</sup>, el área de escorrentía aumentaría en un factor de tres. Los caudales resultantes durante las inundaciones desbordarían la capacidad del sistema de drenaje actual<sup>22</sup>. De manera similar, diversas actividades e infraestructura en la zona cordillerana, tales como presas, obras mineras, caminos, plantas hidroeléctricas, instalaciones turísticas y demás, se verían afectadas.

Asimismo, el cambio de una hidrología basada predominantemente en la nieve a una basada en la lluvia, alteraría profundamente el transporte de sedimentos y toda la dinámica geomorfológica de las cuencas, lo cual a su vez afectaría drásticamente los sistemas de drenaje y las estructuras de control y almacenamiento de agua<sup>23</sup>.

Estos y otros desafíos asociados con el cambio climático han motivado a los gobiernos de Argentina y Chile en los últimos años a crear grupos multisectoriales de colaboración para facilitar el estudio del cambio climático y formular políticas públicas para la adaptación. En este contexto, se proponen diferentes medidas, como el desarrollo de programas de monitoreo e investigación, la construcción de presas, y una mejor gestión de los eventuales cambios estacionales en los caudales, el desarrollo de las herramientas para adaptar los patrones de cultivo a las variaciones en las condiciones climáticas y en la disponibilidad de agua, el fortalecimiento de las herramientas de gestión de los recursos hídricos en escenarios de escasez y la adaptación de la infraestructura para la protección contra inundaciones. Estas posibles medidas aún están siendo evaluadas, pero deberían comenzar a generar resultados en los próximos años.

Autor: Humberto Peña

<sup>22</sup>Humberto Peña (1989): Aspectos Hidrológicos del Control de Crecidas, *Revista de la Sociedad Chilena de Ingeniería Hidráulica* 4, Nro. 2.

<sup>23</sup>Andrade B. y H. Peña: "Geomorfología e Hidrología Chilena: Respuesta al Cambio Mundial" (*Chilean Geomorphology and Hydrology: Response to Global Change*) en Respuestas del Sistema de la Tierra al Cambio Global: Contrastes entre América del Norte y América del Sur (*Earth System Responses to Global Change: Contrasts between North and South America*). Harold Mooney, Eduardo Fuentes, Barbara Kronberg (eds.), Londres: Academic Press, 1993.

### *Monitoreo del cambio – datos e hidrología*

Los responsables de la gestión de los recursos hídricos necesitan la habilidad para rastrear los cambios y para diseñar y apoyar la implementación de respuestas apropiadas. Para esto se requieren muchos datos y la habilidad de analizar los e interpretarlos para poder dirigir la planificación, e informar a toda la comunidad acerca de sus implicaciones.

Si bien se ha remarcado la importancia del monitoreo hidrológico en todas las conferencias de Naciones Unidas sobre el agua y el desarrollo sostenible desde la conferencia celebrada en Mar del Plata en 1977, ha habido una disminución mundial de la disponibilidad de datos sobre los recursos hídricos en las últimas décadas. Ciertamente, la evidencia sugiere que en muchos países, la calidad de los datos hidrológicos se ha deteriorado notablemente desde la Cumbre de Río en 1992. Gran parte de los datos mundiales sobre caudales del Centro Mundial de Datos de Escorrentía en Alemania tiene más de 30 años de antigüedad. En 2008, se puso fin al apoyo internacional para el programa “Sistema Global de Monitoreo Ambiental” (GEMS, Global Environmental Monitoring System), que constituía el depósito mundial de datos relacionados con la calidad del agua. Se ha reestablecido cierto financiamiento, pero no es suficiente.

A nivel nacional, especialmente en muchos países pobres, se ha permitido el deterioro de los sistemas de información hidrológica ante la presión de asignar los recursos escasos a las necesidades más inmediatas. Cuando existen restricciones de presupuesto, la hidrología es, a menudo, una de las primeras funciones en ser sacrificada. Desafortunadamente, una vez que se pierden o se “rompen” los registros, es muy difícil reestablecerlos. Este no es un problema de los países en desarrollo únicamente. Incluso en el mundo desarrollado, no se han alcanzado los objetivos de monitoreo, según lo indican informes recientes de los Estados Unidos.<sup>24</sup>

Existen varias razones por las cuales se da esta disminución en la disponibilidad de datos. Además de los conflictos internos y de las restricciones presupuestarias, existen casos donde los datos están disponibles pero, a medida que crece la competencia por los recursos hídricos, existe una renuencia a compartirlos con los demás interesados.

---

<sup>24</sup>Apoyo para los Programas de Aforo de Caudales del Servicio Geológico de los Estados Unidos (USGS, US Geological Survey), carta de petición al Presidente del Comité del Congreso de los Estados Unidos, Subcomité de la Cámara de Representantes de Interior, Medio ambiente y Agencias Relacionadas, Febrero de 2008, en: <http://www.asiwpc.org/home/docs/StreamgageLtr2House.pdf>

También existe la creencia – lo cual es algo entendible – de que las tecnologías de teledetección que transformaron el conocimiento sobre el sistema atmosférico, también se aplicaron al sistema hidrológico – lo cual, desafortunadamente, no es cierto. Si bien se está trabajando para encontrar formas de utilizar la teledetección para brindar información sobre los caudales y la calidad del agua, todavía no se ha llegado al punto en el que los modelos puedan aplicarse amplia y eficazmente. Aún cuando se hayan desarrollado nuevos métodos, las observaciones físicas continuarán siendo importantes para “calibrar y validar” las mediciones de teledetección.

Una vez más, el resumen técnico del IPCC pone de manifiesto estas cuestiones:

**Existen muchas lagunas en el conocimiento con respecto a las observaciones y las necesidades de investigación relacionadas con el cambio climático y el agua.** Los datos fundados en observación y el acceso a los mismos constituyen prerequisites para la gestión de adaptación; sin embargo, muchas redes de observación se están achicando. Existe la necesidad de mejorar la comprensión y la modelación de los cambios climáticos en relación con el ciclo hidrológico en el ámbito de la toma de decisiones. La información sobre los impactos del cambio climático en el agua es incompleta, especialmente en lo que respecta a la calidad del agua, los ecosistemas acuáticos y el agua subterránea, incluyendo sus dimensiones socioeconómicas. Finalmente, las herramientas actuales para facilitar la evaluación integrada de opciones de adaptación y mitigación a través de sectores múltiples que dependen del agua son inadecuadas.<sup>25</sup>

## 2.2. La dinámica socioeconómica

Los cambios en la disponibilidad, periodicidad y confiabilidad de las precipitaciones y de los recursos hídricos que surgen de ellas afectarán a todos los sectores que utilizan el agua. Dichos impactos, a su vez, afectarán la dinámica más amplia de las economías nacionales, así también como las necesidades ambientales y sociales, en particular en las sociedades más pobres.

Específicamente, dado que la gestión eficaz del agua es importante para alcanzar muchos de los Objetivos de Desarrollo del Milenio (ODM), estos impactos también podrían amenazar la sostenibilidad del progreso hacia el logro de los mismos. Pero el efecto del cambio climático en los recursos hídricos tiene implicaciones que van mucho más allá de los ODM.

---

<sup>25</sup>El Cambio Climático y el Agua (*Climate Change and Water*), pág. 4.

Los cambios en la distribución y periodicidad de las precipitaciones modificarán los patrones de acceso al agua, creando nuevos superávits en algunas áreas y una mayor competencia en otras. El manejo de estas nuevas hidrologías impondrá grandes exigencias a la gestión del agua.

Una mayor variabilidad de la precipitación afectará el potencial de crecimiento y los costos para alcanzar la seguridad hídrica. La evidencia indica que la variabilidad puede representar un mayor desafío de gestión que la escasez, por el hecho de que ambas caras de la ecuación (demasiada poca agua y demasiada cantidad de agua) deben gestionarse con un mayor grado de incertidumbre. Los estudios han demostrado que, si bien existe poca correlación entre la escasez del agua y el desarrollo económico, sí existe una clara correlación con la variabilidad (ver Cuadro 1)<sup>26</sup>.

Al aumentar la variabilidad climática, también se produce un aumento del costo de la infraestructura, la información y los sistemas que se requieren para abordarla. Viéndolo desde otra perspectiva, debido a que la variabilidad aumenta el costo de no poder gestionarla eficazmente para la sociedad, deberían realizarse mayores inversiones para evitar tales fallas. El principal impacto del cambio climático en muchas áreas podría ser un aumento del costo de los servicios hídricos y, en especial, del costo para lograr la confiabilidad en la prestación de los mismos. Esto no solo sucederá con el agua potable, sino también con la agricultura, la producción de energía eléctrica y la industria.

El uso de agua de los ecosistemas será puesto bajo presión extrema a medida que aumenten los costos del agua. Pocos países cuentan con mecanismos efectivos para asegurar que los ecosistemas cuenten con el agua adecuada; por esta razón, el uso de agua de los ecosistemas es el primero en resignarse.

La mayor incidencia de situaciones catastróficas, como las inundaciones y las sequías, afectará la vida, los medios de subsistencia, los valores de la tierra y los incentivos a la inversión en áreas vulnerables. Si bien los planes de prevención y de aseguración, y las intervenciones de la gestión del agua serán instrumentales para enfrentar estos riesgos, las perspectivas para las áreas cada vez más vulnerables cambiarán. En general, las áreas más vulnerables están habitadas por poblaciones más pobres que cuentan con menores recursos que las poblaciones más acaudaladas para alejarse de los

---

<sup>26</sup>Casey Brown y Upmanu Lall: “El Agua y el Crecimiento Económico: El Rol de la Variabilidad y un Marco para la Resistencia” (*Water and Economic Development: The Role of Variability and a Framework for Resilience*), en *Natural Resources Forum* 30, Nro. 4 (2006): 306-317.

peligros o incertidumbres. A medida que las áreas vulnerables se vuelvan más vulnerables – a las inundaciones, al aumento del nivel del mar, a la intrusión del agua subterránea, a la pérdida de tierras arables – es probable que los pobres sufran en forma desproporcionada.

Las condiciones cambiantes de la seguridad hídrica generarán cambios en la ubicación espacial de las actividades económicas. En general, la actividad económica se trasladará hacia las áreas de seguridad hídrica, lejos de las áreas inseguras. Con el tiempo, las condiciones cambiantes de la seguridad hídrica podrán también afectar la estructura de una economía – su composición sectorial y las reglas según las cuales opera – a medida que el agua afecte los rendimientos económicos de los diferentes sectores.

A nivel mundial, el comercio de productos que requieren grandes cantidades de agua (“agua virtual”) podría decrecer a medida que cambien los patrones de la seguridad hídrica. Ante la ausencia de incentivos contradictorios, el comercio debería promover una mayor exportación de productos que requieren grandes cantidades de agua en aquellas áreas donde el agua es abundante, y mayores importaciones de esos mismos productos en áreas donde el agua es escasa.

Esta sección analiza con mayor profundidad de qué manera el cambio climático, a través de los impactos en los recursos hídricos, afectará las diferentes dimensiones de la vida socioeconómica.

### *La dinámica cambiante en áreas urbanas*

En muchas situaciones, el principal efecto del cambio climático será el aumento del costo de la prestación de los servicios más básicos, con la consiguiente reducción de la disponibilidad de los servicios en los países y las comunidades pobres. Las áreas urbanas experimentarán enormes presiones demográficas en los próximos años, lo que generará tensión sobre los servicios existentes y presión para expandirlos – principalmente hacia los pobres. En África y Asia, se estima que la población urbana se duplicará entre 2000 y 2030. En 2030, más del 80% de los habitantes urbanos vivirán en las ciudades de los países en desarrollo<sup>27</sup>. Los cambios en en los patrones de precipitación y en los caudales tendrán un efecto directo sobre los asentamientos humanos, muchos de los cuales ya no pueden prestar servicios confiables y accesibles.

---

<sup>27</sup>UNFPA: “Estado de la Población Mundial 2007: Liberar el Potencial del Crecimiento Urbano”, Nueva York: Fondo de Población de las Naciones Unidas, 2007.

Los efectos del cambio climático no se limitarán a la capacidad de suministrar agua potable sino que también a la capacidad para eliminar los desechos de las grandes comunidades urbanas y los costos de construcción y mantenimiento de otros tipos de infraestructura. Algunas de las ramificaciones son obvias:

- El servicio de abastecimiento de agua en los grandes asentamientos es costoso y si disminuye el agua disponible debido al cambio climático, los grandes conurbos tendrán que modificar sus patrones de consumo o bien, traer el agua de lugares distantes.
- Todo aumento en la intensidad de las precipitaciones y, por ende de inundaciones como consecuencia del cambio climático, aumentará el costo de los caminos y los drenajes pluviales como así también de las obras de protección contra inundaciones.

También habrá efectos menos directos:

- Si disminuyen los caudales y, con esto, la capacidad de dilución, el tratamiento debe intensificarse ya sea para mantener la calidad de las aguas receptoras o bien para permitir que exista agua disponible para ser reutilizada. La recolección y tratamiento de aguas residuales municipales<sup>28</sup> constituye el elemento más costoso de la infraestructura que se requiere para alcanzar los ODM en relación con la salud, el agua y la protección ambiental<sup>29</sup>, y dado que los costos de tratamiento aumentan de manera exponencial según el grado de tratamiento requerido, el cambio climático podría hacer más pesada la tarea de alcanzar estos ODM.
- El riesgo de inundaciones afecta la superficie disponible para asentamientos humanos y los costos para proteger de las inundaciones a las tierras vulnerables (un problema, que si bien está relacionado, es diferente del desafío de enfrentar el aumento del nivel del mar, un aspecto importante para muchas ciudades costeras, pero que aquí no se analiza).
- Traer el agua desde lugares distantes no sólo aumenta su costo, sino que además expande el área afectada por la competencia con las ciudades por

<sup>28</sup>A. Bahri: "Gestión del otro aspecto del ciclo hidrológico: transformar las aguas residuales en un activo" (*Managing the other side of the water cycle: Making wastewater an asset*), GWP-TEC Background Paper 13. Estocolmo: Global Water Partnership, 2009.

<sup>29</sup>J. Winpenny: "Financiamiento del agua para todos", Informe del Panel Mundial sobre Financiamiento de la Infraestructura Hídrica, presentado en el III Foro Mundial del Agua, 16 al 23 Marzo de 2003, Kioto.

el recurso. Esto tendrá impactos económicos, ya sea a través de precios más elevados de los productos rurales o el agravamiento del desempleo rural, lo cual podría generar migración urbana.

### ***El papel cambiante de las grandes industrias – un importante usuario y agente contaminante del agua***

Las industrias que hacen un uso intensivo del agua también sentirán el efecto del cambio climático. La seguridad hídrica es considerada cada vez más en el sector privado como una cuestión relacionada con la “cadena de abastecimiento”.<sup>30</sup> Una mayor demanda de agua e incertidumbre con respecto a la cantidad y calidad del recurso disponible para los usuarios industriales pueden amenazar la producción. Para la agricultura industrial y el agroprocesamiento, esta situación se verá agravada por cambios en los patrones de requerimiento de agua para el agro y para los cultivos. Ante esta situación, muchas industrias se están concentrando en asegurar sus derechos de agua y en minimizar su huella hídrica. Las alianzas de las industrias de alimentos y bebidas, como la Iniciativa para la Agricultura Sostenible, han comenzado a invertir en la capacitación en la gestión del agua para los agricultores que forman parte de la cadena de abastecimiento.

Tradicionalmente, muchas grandes industrias – desde la textil y de procesamiento de cueros, hasta la de producción de celulosa, papel y acero – no sólo utilizaron grandes volúmenes de agua en sus procesos de producción, sino que además generaron grandes volúmenes de efluentes que contaminaron los arroyos en los que realizaron las descargas y, en casos extremos, hicieron que las aguas receptoras ya no pudiesen ser utilizadas para otros fines. La preocupación creciente en torno a los impactos ambientales, relacionados también con el cambio climático, ha generado el inicio de un enfoque más responsable, muchas veces impulsado por severas regulaciones nacionales, especialmente en los países más ricos de Europa y América del Norte.

Una respuesta a esto ha sido que las industrias busquen adaptar sus métodos de producción para reducir el uso de agua y la descarga de efluentes – en algunos casos, incluso, adoptando los procesos de descarga cero en ciclos cerrados. Si bien muchas veces es factible lograr una producción que se acerque a la descarga cero, generalmente se requieren innovaciones e inversiones sustanciales para lograrlo. Las implicaciones competitivas de

---

<sup>30</sup>Foro Económico Mundial: “Gestión de Nuestras Necesidades Hídricas Futuras para la Agricultura, la Industria, la Salud Humana y el Medio Ambiente” (*Managing Our Future Water Needs for Agriculture, Industry, Human Health*)

Tabla 1. Tipología de los efectos del cambio climático en los principales sistemas agrícolas

Sistema	Estado Actual	Indicadores del cambio climático	Vulnerabilidad	Adaptabilidad
<b>Sistemas alimentados con agua de deshielo</b>				
Indo	Muy desarrollado, escasez de agua emergente. Limitaciones por sedimentos y salinidad.	20 años de aumento de caudales seguidos de reducción sustancial de agua superficial y recarga de acuíferos. Variación estacional de escorrentía y caudales máximos. Más lluvia en lugar de nieve. Aumento de caudales máximos e inundaciones. Mayor salinidad. Menor productividad en algunos lugares.	Muy alta (agua de río), mediana-alta (presas).	Posibilidad limitada para la adaptación (toda la infraestructura ya construida)
Ganges-Brahmaputra	Alto potencial para agua subterránea, problemas de calidad establecidos. Baja productividad.		Alta (reducción de las capas freáticas).	Media (aún con posibilidades para el aprovechamiento del agua subterránea)
Norte de China	Extrema escasez de agua, alta productividad.		Alta (implicaciones globales, elevada demanda de alimentos con gran influencia sobre los precios).	Media (la adaptabilidad está aumentando debido al aumento de la riqueza).
Ríos Rojo y Mekong	Alta productividad, alto riesgo de inundaciones, baja calidad del agua.		Media.	Media.
Río Colorado	Escasez de agua, salinidad.		Baja.	Media, presión excesiva sobre los recursos.
<b>Deltas</b>				
Ganges-Brahmaputra	Densamente poblado. Aguas subterráneas poco profundas, muy utilizadas. Posible adaptación a las inundaciones; baja productividad.	Aumento del nivel del mar. Mareas de tormentas, e infraestructura dañada. Mayor frecuencia de ciclones (este y sudeste Asiático). Intrusión salina en aguas subterráneas y ríos. Mayor frecuencia de las inundaciones. Aumento potencial de la recarga de aguas subterráneas.	Muy alta (inundaciones, ciclones).	Baja, excepto la salinidad.
Río Nilo	Alta dependencia de la escorrentía y de la presa de Asuán – probablemente sensible al aprovechamiento aguas arriba.		Alta (presión demográfica).	Media.
Río Amarillo	Severa escasez del agua		Alta.	Baja.
Río Rojo	Actualmente adaptados, pero riego por bombeo y drenaje costosos.		Media.	Alta, excepto la salinidad.
Río Mekong	Uso adaptado de aguas subterráneas en el delta; sensible al aprovechamiento aguas arriba		Alta.	Media.

Sistema	Estado Actual	Indicadores del cambio climático	Vulnerabilidad	Adaptabilidad
<b>Trópicos áridos y semiáridos: escaso deshielo y escasas aguas subterráneas</b>				
Monzónico: Subcontinental Indio	Baja productividad. Cuenca sobredesarrollada (agua superficial y subterránea).	Mayores precipitaciones. Aumento de la variabilidad de las precipitaciones. Mayores sequías e inundaciones. Temperaturas más altas.	Alta.	Baja (riego superficial); media (riego con aguas subterráneas).
No-monzónico: África subsahariana	No-monzónico: África subsahariana Suelos pobres. Sistemas hídricos intermitentes. Sobreasignación del agua y presión demográfica en algunos lugares.	Mayor variabilidad de las precipitaciones. Mayor frecuencia de sequías e inundaciones. Menor precipitación, temperatura más elevada. Reducción de la escorrentía.	Muy alta. Reducción del rendimiento en los sistemas de secano.	Baja.
No-monzónico: sur y oeste de Australia	Sistemas hídricos intermitentes. Sobreasignación del agua. Competencia de otros sectores.		Alta.	Baja.
<b>Trópicos húmedos</b>				
Arroz: sudeste Asiático	Riego superficial. Alta productividad pero en proceso de estancamiento. Menos rendimiento comparado con el norte de China.	Mayor precipitación. Aumento marginal de las temperaturas. Mayor variabilidad de las precipitaciones y frecuencia de sequías e inundaciones.	Alta.	Media.
Arroz: sur de China	Uso combinado del agua superficial y subterránea.		Alta.	Media.
<b>Mediterráneo</b>				
Sur de Europa	Mayor presión sobre el agua.	Precipitación significativamente más baja y temperaturas más altas. Mayor estrés hídrico. Menor escorrentía. Pérdida de las reservas de agua subterránea.	Media.	Baja.
Norte de África	Elevada escasez del agua.		Alta.	Baja.
Oeste de Asia	Fuerte presión sobre el agua.		Baja.	Baja.
<b>Islas Pequeñas</b>				
Islas Pequeñas	Ecosistemas frágiles, agotamiento del agua subterránea.	Aumento del nivel del mar. Intrusión del agua salada. Mayor frecuencia de ciclones y huracanes.	Alta.	Variable.

Fuente: Programa Mundial de Evaluación de los Recursos Hídricos: “Tercer Informe de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos en el Mundo: El Agua en un Mundo Cambiante” (The United Nations World Water Development Report 3: Water in a Changing World) (Paris: UNESCO, y Londres: Earthscan, 2009), página 114.

las diferentes normas nacionales han activado esfuerzos para establecer indicadores amplios para evaluar a las industrias y presionarlas para que mejoren su desempeño.

### *La dinámica cambiante en la agricultura*

La agricultura es el sector de la economía que, en la mayoría de los países, utiliza la proporción más grande de agua de ríos y de fuentes subterráneas, además del “cultivo de secano” que utiliza el agua de lluvia directamente. En los países más pobres, este sector normalmente genera la mayor proporción de empleo. El cambio climático afectará la agricultura de muchas maneras diferentes. Las mismas están muy bien resumidas en el último Informe sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos en el Mundo (ver Tabla 1).

Si bien los problemas que enfrentan los agricultores de “secano” y quienes practican el riego tienen el mismo origen, a menudo varían mucho. Los agricultores de secano son afectados por la variabilidad de las precipitaciones de largo y corto plazo. Los agricultores que practican el riego tienen ciertos mecanismos para protegerse de la variación de corto plazo, pero podrían ser mucho más vulnerables cuando ocurren eventos realmente extremos y sus suministros fallan. Y finalmente, todos los agricultores son vulnerables al daño causado por vientos, tormentas e inundaciones extremas.

En este contexto, la agricultura es esencialmente un asunto de gestión de riesgos. En cada estación, los agricultores de secano deben tomar una decisión ante la incertidumbre. Si se siembra demasiado pronto y la humedad del suelo es inadecuada o se produce un período seco inesperado, se corre el riesgo de que las plántulas no se desarrollen. Si, por el contrario, se siembra demasiado tarde, los cultivos podrían no tener el tiempo suficiente para madurar, o volverse más vulnerables a las plagas y las enfermedades.

En estas circunstancias, los efectos del cambio climático podrían ser desastrosos. Estudios regionales sugieren que en África subsahariana, en el peor de los escenarios, podrían reducirse los ingresos netos provenientes de las cosechas en un 90% para el año 2100, siendo los pequeños agricultores los más afectados. Esto, a su vez, tendría dramáticas implicaciones para la subsistencia<sup>31</sup>, si bien existe la posibilidad de que la adaptación pudiera reducir estos efectos negativos.

---

<sup>31</sup>Ver, por ejemplo, Peter G. Jones y Philip K. Thornton: “De los agricultores a los criadores de ganado: transiciones de los medios de subsistencia hasta el año 2050 en África debido al cambio climático” (*Croppers to livestock keepers: livelihood transitions to 2050 in Africa due to climate change*), en *Environmental Science & Policy*, Volumen 12, Publicación 4, junio de 2009, 427-437.

Los grandes productores agrícolas enfrentan estas incertidumbres estacionales utilizando seguros y otros instrumentos financieros, como así también tecnologías, para protegerse. Los pequeños agricultores y los agricultores de menores recursos por lo general no cuentan con estas opciones. Sin embargo, el pronóstico meteorológico de corto y mediano plazo puede proporcionarles información útil sobre las tendencias estacionales, para poder sembrar en el momento apropiado.

En algunas zonas, se pueden predecir las tendencias del clima a un plazo más largo con cierto grado de precisión, lo cual ayuda a los agricultores de secano a tomar decisiones en cada estación. Sin embargo, el valor de las predicciones a un plazo más largo tiende a limitarse a ciertas áreas y ciertas estaciones, y aún así la confiabilidad de las mismas suele ser limitada. Con frecuencia, las predicciones a un plazo más largo son tan generales que prácticamente no sirven para planificar la producción de secano (los pronósticos en el sur de África, por ejemplo, brindan tan sólo una estimación de la probabilidad de las precipitaciones normales, superior al promedio o inferior al promedio; muy raramente se hacen predicciones con una probabilidad superior al 50%)<sup>32</sup>.

Otras respuestas al cambio climático incluyen la selección de cosechas y variedades de semillas más apropiadas a las nuevas condiciones. Una vez más, en esta área, los grandes agricultores comerciales tienen mayor capacidad para tomar medidas de adaptación. La capacidad de respuesta de los agricultores y las comunidades más pobres es mucho más limitada. Las variedades tradicionales de semillas, incluso en los lugares donde han sido conservadas, pueden ya no ser apropiadas en sus áreas originales. Y, en muchos casos, la investigación agrícola y los servicios de extensión, que deberían guiar el proceso de identificación de opciones y de apoyo a los agricultores para adoptarlas, han disminuido drásticamente.

### *La economía cambiante del riego y el creciente valor de la certidumbre*

Ante la amenaza de una mayor variabilidad de la precipitación y los caudales, la respuesta lógica es invertir en la capacidad para gestionar el agua, básicamente, pagando para obtener una mayor seguridad y confiabilidad. Esto no necesariamente implica el almacenamiento en grandes presas – existen muchos sistemas agrícolas indígenas basados en la construcción de pequeños embalses locales para proporcionar suministros de agua seguros

<sup>32</sup>Ver, por ejemplo, la Declaración del XII Foro Regional sobre la Evolución Probable del Clima en África Meridional (SARCOF, *Southern Africa Regional Climate Outlook Forum*) celebrado en Pretoria, Sudáfrica, del 27 al 28 de Agosto de 2008, en: [http://www.sadc.int/dmc/SARCOF/Sarcof12\\_Statement28\\_08\\_09.pdf](http://www.sadc.int/dmc/SARCOF/Sarcof12_Statement28_08_09.pdf).

durante las temporadas secas. Ciertamente, una ventaja del almacenamiento local – siempre que la precipitación en el lugar sea adecuada – es que no requiere obras importantes para transferir el agua desde la fuente hasta el campo.

Sin embargo, esta opción presenta complejidades, especialmente en regiones áridas bajo estrés hídrico, donde ya se está utilizando la mayor parte del agua disponible. Muchas presas pequeñas y de poca profundidad pierden más agua por evaporación que las presas grandes y profundas – una situación que se verá exacerbada bajo condiciones de mayor aridez. El almacenamiento de aguas subterráneas es otra opción local. Pero la creación de estructuras para incrementar la recarga también reducirán la escorrentía de las precipitaciones, que puede afectar seriamente a los usuarios situados aguas abajo.

Mientras que el riego – ya sea obtenido en forma directa de los ríos o del agua almacenada naturalmente debajo de la tierra o artificialmente en los embalses construidos por el hombre – parece ser más confiable que las precipitaciones, dicha confiabilidad puede ser engañosa. Cuando el agua se toma directamente de los ríos, el riego queda expuesto a las sequías graves. Cuando el riego se obtiene de los embalses de almacenamiento, por lo general es posible dar una alerta sobre un posible déficit, pero cuando el control de la gestión es débil, los agricultores no pueden depender de tales sistemas de alertas tempranas.

Una situación similar ocurre con el agua subterránea. Las comunidades con agua subterránea abundante son afortunadas dado que nunca tendrán que almacenar el recurso ni transportarlo desde lugares distantes. Por esta razón, muchas de estas comunidades han podido desarrollar una agricultura floreciente basada en la extracción del agua subterránea local, asistida por una mejor tecnología de bombeo y por el fácil acceso a la energía de bombeo, que – por lo general – está subsidiada.

Una ventaja adicional es que el ciclo del agua subterránea es más lento que el ciclo del agua superficial, razón por la cual las reservas de agua subterránea no son afectadas tan directamente como las reservas de agua superficial durante los períodos de sequía. Sin embargo, esto también puede plantear una desventaja dado que los recursos de agua subterránea son difíciles de visualizar y controlar.

El resultado es que en muchas regiones donde existe una elevada dependencia del agua subterránea, por lo general los recursos están sobreexplotados, y muchas veces sin que los usuarios estén al tanto de los riesgos que corren. Las reservas en el norte de China, grandes áreas de India, la mayor parte de Medio Oriente

y muchas regiones del oeste de Estados Unidos están “minando” sus reservas sistemáticamente. Muchas zonas se exponen a situaciones de desastre a menos que armonicen el uso actual con el ritmo de recarga de los acuíferos. El cambio climático genera una mayor incertidumbre en la gestión del agua subterránea.

Muchos agricultores y comunidades dependen cada vez más del agua gestionada – ya sea de embalses o de fuentes subterráneas más que de la lluvia directa – para su subsistencia. En general, cuando los precios de los cultivos ofrecen una ganancia suficiente y el costo o escasez del agua generan un incentivo adecuado, los individuos se muestran dispuestos a invertir en mejorar la eficiencia del agua. Las inversiones en la gestión del agua realizada por los agricultores, en forma individual y colectiva, les ha permitido mantener el aumento de la producción y soportar los caprichos o variabilidad del clima. Cuando los agricultores realizan sus propias inversiones, por lo general son muy conscientes del costo del agua y están más dispuestos a practicar un uso más eficiente del recurso.

La agricultura de regadío es crucial para la producción mundial de alimentos. La FAO predice que su importancia aumentará. Se espera que los países en desarrollo expandan sus áreas de regadío en aproximadamente un 20% antes de 2030<sup>33</sup>. En la actualidad, el 40% de la producción de cultivos proviene del 16% de las tierras agrícolas de regadío<sup>34</sup>. A nivel mundial, la superficie bajo riego ha crecido a un ritmo constante – alrededor de un 5% cada diez años.

Este patrón de inversiones que generan mayor productividad y capacidad para la gestión de la variabilidad y el riesgo climático puede constituirse en un motor de reducción de la pobreza, además de contribuir significativamente a la capacidad mundial para alimentar a una población cada vez mayor. Sin embargo, a medida que aumente la variabilidad climática, también aumentará el costo de los sistemas de infraestructura utilizados para responder a la misma. A menos que se desarrollen mecanismos para compensar esta situación, la pobreza podría aumentar y disminuiría la capacidad de satisfacer las necesidades alimentarias del mundo<sup>35</sup>.

---

<sup>33</sup>FAO: “Agricultura Mundial: Hacia 2015/2030” (*World Agriculture: Towards 2015/2030*), Roma: FAO, 2002.

<sup>34</sup>David Tilman, Kenneth G. Cassman, Pamela A. Matson, Rosamond Naylor y Stephen Polasky: “Sostenibilidad agrícola y prácticas de producción intensiva” (*Agricultural sustainability and intensive production practices*), en *Nature* 418, (8 de Agosto de 2002): 671-677.

<sup>35</sup>Por ejemplo, C. Brown y M. Carriquiry (2007): “Gestión del riesgo hidroclimatológico para el abastecimiento de agua con contratos de opciones y seguros paramétricos aplicados a los embalses” (*Managing hydroclimatological risk to water supply with option contracts and reservoir index insurance*), en *Water Resour. Res.*, 43, W11423.

Tabla 2: Capacidad de generación de energía renovable de una red de distribución en 2003.

Tipo de generación (gigawatts)	Capacidad en todos los países	Capacidad en los países en desarrollo
Planta hidroeléctrica pequeña	56.0	33.0
Energía eólica	40.0	3.0
Energía de biomasa*	35.0	18.0
Energía geotérmica	9.0	4.0
Energía solar fotovoltaica	1.1	<0.1
Energía solar térmica	0.4	0
<b>Capacidad total de generación de energía "renovable nueva"</b>	<b>141.5</b>	<b>58.0</b>
Por comparación:		
Planta hidroeléctrica grande	674.0	303.0
<b>Capacidad total de energía eléctrica</b>	<b>3,700.0</b>	<b>1,300.0</b>

\*Excluyendo la combustión de desechos sólidos municipales y la energía producida por el gas de rellenos sanitarios.

Fuente: "El Agua, una Responsabilidad Compartida: Segundo Informe sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos en el Mundo" (Water a Shared Responsibility: World Water Development Report 2), (París: UNESCO y Nueva York: Berghahn Books, 2006), página 315.

En términos económicos, el panorama no es del todo desalentador debido a que la producción agrícola en algunas regiones del mundo podría beneficiarse del cambio climático, y la evidencia indica que se podrá mantener el suministro de alimentos con los cambios en los patrones de producción<sup>36</sup>. Sin embargo, los impactos sociales de dichos cambios podrían ser devastadores dado que se producirían a expensas de la seguridad alimentaria y de los medios de subsistencia de algunos de los países y comunidades más pobres, y quizás también de la sostenibilidad a un plazo más largo.

### **La dinámica cambiante en la energía hidroeléctrica y la demanda de energía renovable**

La electricidad que se genera a partir de la energía hidroeléctrica sigue siendo, por lejos, la fuente de energía renovable más grande del mundo

<sup>36</sup>Evaluación Integral de la Gestión del Agua en la Agricultura: "Agua para la Alimentación, Agua para la Vida: Una Evaluación Integral de la Gestión del Agua en la Agricultura" (Water for Food, Water for Life: A Comprehensive Assessment of Water Management in Agriculture) (Londres: Earthscan, y Colombo: Instituto Internacional de Gestión del Agua [IWMI], 2007).

que no produce emisiones de CO<sub>2</sub> (ver Tabla 2). El aprovechamiento de la energía potencial del agua que desciende por las laderas y desemboca en el mar puede generar un suministro confiable y flexible de electricidad para contribuir a reemplazar el uso de combustibles fósiles o de energía nuclear. Asimismo, la generación de energía hidroeléctrica supera una de las barreras más grandes al uso de energías renovables dado que puede “almacenarse” como agua embalsada a una determinada altura, para luego hacerla correr por las turbinas cada vez que se requiere energía. En efecto, el “almacenamiento por bombeo” – elemento integral de muchas redes eléctricas convencionales – constituye una de las formas más flexibles y eficaces en función de los costos de almacenar energía proveniente de fuentes nuevas y más variables de energía renovable, como la energía solar y eólica.

El aprovechamiento de la energía hidroeléctrica parece tener un enorme potencial que ofrece una clara estrategia para promover la adaptación al cambio climático (donde se pueden obtener beneficios a través del control de sequías e inundaciones con el uso de presas multipropósito) como así también para la mitigación del cambio climático a través del aprovechamiento de fuentes de energía renovable. Según la Agencia Internacional de Energía, se estima que la generación de electricidad a través de la energía hidroeléctrica y otras fuentes de energía renovable aumentará en una tasa promedio anual del 1,7% desde 2004 a 2030, siendo el aumento total del 60%.

Pero el aprovechamiento de la energía hidroeléctrica también plantea muchos desafíos. Para aprovechar el flujo de agua, es necesario capturarlo, controlarlo y, a menudo, almacenarlo, para lo cual se requieren grandes obras de ingeniería. Si bien una vez construidas los costos de operación son relativamente bajos, el costo financiero de construcción inicial es elevado. Y en muchos casos, los costos sociales pueden ser mucho mayores. En el proyecto de Las Tres Gargantas en China – que genera más energía de la que consume la mayoría de los países – el costo de reubicar al millón de personas afectadas por la construcción de la presa y de las medidas de mitigación ambiental superó ampliamente el costo de construcción de la presa y de la central eléctrica<sup>37</sup>.

---

<sup>37</sup>Yang Xiaoliu y Mike Muller: “Dominar el Río Yangtze implementando el desarrollo de infraestructura mediante la GIRH” (*Taming the Yangtze River by enforcing infrastructure development under IWRM*) en “Gestión Integrada de los Recursos Hídricos en la Práctica: una Mejor Gestión del Agua para el Desarrollo” (*Integrated Water Resources Management in Practice: Better Water Management for Development*), Roberto Lenton y Mike Muller (eds.), Londres: Earthscan

#### **Cuadro 4: La escasez de agua genera escasez de electricidad en países que dependen de la energía hidroeléctrica**

El suministro de electricidad de Uganda, el cual se ve limitado por demoras en la construcción de una presa aguas abajo de la actual central hidroeléctrica en las Cataratas de Owen, se redujo aún más cuando el nivel del Lago Victoria bajó dos metros a principios de la década de 2000, algo que nunca antes había sucedido. En Malawi, el Lago Malawi – principal fuente de energía eléctrica del país – sufrió problemas similares mientras que en Kenia, las elevadas tarifas de electricidad se triplicaron cuando se redujeron los suministros de energía hidroeléctrica y el país tuvo que recurrir a las centrales eléctricas que operan con petróleo. En los tres casos, esto se debió principalmente a los períodos prolongados de baja precipitación, si bien los cambios en el uso de la tierra, en especial la expansión de los cultivos de pequeños agricultores, fueron también importantes factores desencadenantes.

La incertidumbre con respecto al caudal de los ríos en el futuro representa un desafío cada vez más importante para el diseño, la promoción y la operación de las instalaciones hidroeléctricas. Debido al cambio climático, deberán revisarse las suposiciones sobre la cantidad futura de agua disponible para almacenar y descargar por las turbinas existentes – tanto aguas arriba como aguas abajo. Muchos países que dependen de la energía hidroeléctrica ya han sufrido reducciones en su suministro de electricidad debido a disminuciones sin precedentes del agua disponible (ver Cuadro 4).

Otra inquietud es que las presas están diseñadas para soportar la “inundación máxima probable”, basada en cálculos hidrológicos antiguos. Nuevamente, estas estimaciones deberán ser revisadas a la luz del cambio climático para determinar si el margen de seguridad sigue siendo adecuado y si deben revisarse las normas de operación. Los cambios en los regímenes de los caudales también alterarán la viabilidad económica de las centrales hidroeléctricas y podrían provocar una disminución o un aumento de su potencial de generación. Todo esto genera incertidumbre en la toma de decisiones para proyectos nuevos.

Asimismo, a pesar del amplio consenso sobre la necesidad de energía limpia, la energía hidroeléctrica sigue siendo controversial. Esto se debe, en gran parte, a las objeciones ambientales con respecto al impacto de las presas sobre los ecosistemas de los ríos (a través de la fragmentación y modificación de los patrones de los caudales), y también, en algunos casos, al impacto sobre las comunidades desplazadas por su construcción. También se ha sugerido que la vegetación en estado de descomposición en las cuencas de presas inundadas puede generar metano, un gas de efecto invernadero. Sin embargo, las evaluaciones

### **Cuadro 5: La controversia de las grandes presas: el caso de Mphanda Nkuwa en Mozambique**

Un ejemplo de un proyecto que se ha demorado, en parte, debido a la controversia en torno a las grandes presas y a si se puede considerar que las grandes centrales hidroeléctricas son renovables o no, es el de Mphanda Nkuwa. Este es un proyecto hidroeléctrico de gran envergadura según las normas internacionales, con una capacidad planificada de 1.300 MW – un tanto menor que la de la presa de Cahora Bassa, puesta en servicio a mediados de la década de 1970 y con una capacidad instalada de 2.075 MW.

Se considera que la presa de Mphanda Nkuwa, ubicada sobre el río Zambeze entre Cahora Bassa y Tete, es uno de los proyectos hidroeléctricos sin desarrollar más atractivos del mundo. El riesgo hidrológico ha sido delimitado y bien documentado con series temporales largas de caudales. El riesgo geológico es bajo y el emplazamiento de la presa puede desarrollarse a un costo de 640 dólares por kilovatio de capacidad instalada, lo cual se compara favorablemente con las centrales eléctricas a carbón, principalmente porque los costos de operación son mucho más bajos. Debido a que las presas que se encuentran aguas arriba, tales como Cahora Bassa, Kariba y Kafue Gorge, regulan el Río Zambezi, el proyecto puede ser desarrollado como una planta hidroeléctrica de corriente del río, requiriendo una reserva relativamente pequeña para su tamaño y con impactos ambientales negativos limitados, afectando a muy poca gente.

Aunque su construcción ha sido retrazada por años, incluso en un momento cuando los recortes eléctricos regionales fueron resultando en inversiones masivas no amigables con el clima, como estaciones de poder de fuego producido por carbón.

recientes del ciclo de vida sugieren que los proyectos de energía hidroeléctrica generan bajas emisiones netas totales de gases de efecto invernadero<sup>38</sup>.

A pesar de que las “pequeñas” centrales hidroeléctricas son consideradas renovables, las controversias en torno a las grandes presas llevaron a la comunidad internacional a tomar la decisión de no reconocer a las “grandes” centrales hidroeléctricas como fuentes de energía renovable. Esto hace que las mismas no puedan acceder a ciertas fuentes de subsidio y financiamiento (ver Cuadro 6). Irónicamente, una razón planteada para excluir a las grandes centrales hidroeléctricas del financiamiento destinado a la mitigación del cambio climático es que se “dejaría afuera” a otras tecnologías de energías renovables más nuevas, pero menos eficientes desde el punto de vista económico.

<sup>38</sup>El IPCC no considera que el metano generado en los embalses sea una fuente significativa de gases de efecto invernadero, señalando que “si bien se espera que se produzcan ciertas emisiones de GEI de las nuevas obras hidroeléctricas en el futuro, especialmente en los entornos tropicales... ante la falta de mayores datos de campo exhaustivos, se considera que tales obras son fuentes de bajas emisiones de CH<sub>4</sub>, comparado con las emisiones de otras actividades agrícolas o del sector de la energía”. Por esta razón, no se considera a la energía hidroeléctrica como una categoría de emisión diferente en SRES. Ver el Informe Especial del IPCC sobre Escenarios de Emisiones (IPCC Special Report on Emissions Scenarios, UNEP/WMO 2006).

## Cuadro 6: Financiamiento de la energía hidroeléctrica y del cambio climático

Si bien la energía hidroeléctrica es esencialmente una fuente de energía renovable, en la actualidad, las inversiones en esta energía únicamente pueden beneficiarse del financiamiento destinado a la mitigación del cambio climático bajo una serie muy limitada de condiciones. Específicamente:

- Los proyectos hidroeléctricos que son “demasiado grandes” están, en efecto, excluidos del financiamiento del Mecanismo para un Desarrollo Limpio (MDL), a menos que cumplan con los criterios de “densidad de energía”, en relación con el área lacustre por unidad de electricidad generada;
- El marco del Sistema de Comercio de Emisiones de la UE (ETS, European Union Emissions Trading System) – el programa multinacional de comercio de emisiones más grande del mundo – coloca otro obstáculo a los proyectos hidroeléctricos MDL con una capacidad superior a los 20 MW, dado que se les exige cumplir con los criterios y directrices internacionales correspondientes, incluyendo aquellos que figuran en el Informe de la Comisión Mundial de Presas (2000);
- Se aplican restricciones similares en los Estados Unidos, donde el Proyecto de Ley actual sobre el Cambio Climático define como renovable sólo a la producción “incremental” de energía hidroeléctrica.

La contribución de los fondos del MDL otorgados a un proyecto hidroeléctrico generalmente tiene el efecto de aumentar su tasa de rentabilidad en un 2 o 3 por ciento según la Asociación Internacional de Hidroelectricidad (IHA, International Hydropower Association) – lo suficiente como para convertir un proyecto dudoso en uno financiable. Por lo tanto, las restricciones directas y los costos de transacción impuestos por las condiciones más generales limitan los beneficios potenciales de la energía hidroeléctrica.

- Bloquean las actividades de mitigación potencialmente benéficas que reducirían las emisiones de gases de efecto invernadero;
- Aumentan el costo de la energía en comunidades que no tienen otras opciones que la energía térmica; y
- Limitan la posibilidad de financiar proyectos multipropósito de recursos hídricos con beneficios de adaptación en las comunidades pobres.

La situación está cambiando en varios frentes:

- Si bien el informe de la Comisión Mundial de Presas no resultó ser una herramienta de administración/cumplimiento particularmente práctica, uno de los resultados del proceso de la CMP ha sido el de obligar al sector hidroeléctrico a abordar su desempeño sostenible más abierta y directamente.
- El surgimiento de países en desarrollo con una posición de liderazgo, como por ejemplo China y algunos países en Medio Oriente, está cambiando el panorama de

## Cuadro 6: Financiamiento de la energía hidroeléctrica y del cambio climático, continuación.

ayuda/financiamiento bilateral para el desarrollo de infraestructura, incluyendo la energía hidroeléctrica.

- Quizás, como resultado de todo esto, exista ahora una voluntad renovada por parte de los países Europeos y de América del Norte de revisar su enfoque.

Las Directrices de Sostenibilidad de la Hidroelectricidad de IHA (2004) y el Protocolo de Evaluación de la Sostenibilidad de la Hidroelectricidad (2006) están siendo actualmente revisados por el Foro de Evaluación de la Hidroelectricidad, cuyos miembros incluyen a gobiernos de países desarrollados y en desarrollo, el sector hidroeléctrico, ONG sociales y ambientalistas, como WWF y The Nature Conservancy, y a bancos comerciales y de desarrollo. El proyecto tiene el objetivo de establecer una herramienta de evaluación de la sostenibilidad ampliamente respaldada para medir y guiar el desempeño en el sector hidroeléctrico.

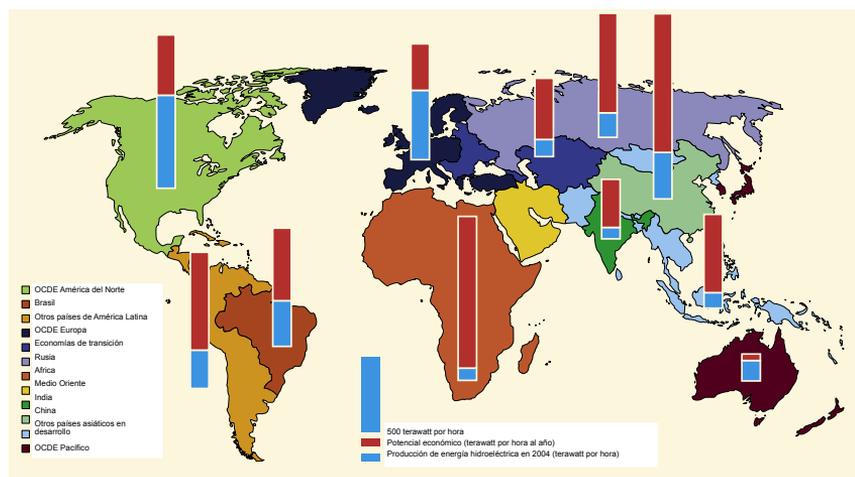
Asimismo, está en marcha un proyecto de investigación, dirigido conjuntamente por el Programa Hidrológico Internacional de la UNESCO y la Asociación Internacional de Hidroelectricidad, para revisar la emisión de gases de efecto invernadero de los embalses, lo cual ha sido utilizado como fundamento para restringir los grandes aprovechamientos hidroeléctricos.

La cuestión relacionada con el estado actual de las emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI) juega un rol importante en estas discusiones; sin embargo, existe un serio problema ya que **no hay un consenso científico sobre cómo medir el estado actual de las emisiones de GEI de los embalses de agua dulce**. Esto plantea dificultades desde la acción internacional a la acción local. Por ejemplo, el IPCC está aguardando que un mayor avance científico genere una guía sobre los **inventarios nacionales de GEI**, y la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (UNFCCC) está buscando metodologías (medición y modelación predictiva) para cuantificar las compensaciones de carbono para el **comercio de emisiones**. A un nivel más general, la formulación de políticas sobre acciones relacionadas con la energía, el agua y el clima se ve comprometida por la actual falta de comprensión. Esto tiene un impacto a nivel mundial, especialmente en los países en desarrollo<sup>39</sup>.

Dado que el Mecanismo para un Desarrollo Limpio y el Sistema de Comercio de Emisiones serán revisados luego de la Conferencia de Copenhague en diciembre de 2009, habrá una oportunidad para implementar un régimen de regulación que considere los beneficios de adaptación proporcionados por las grandes presas multipropósito y que asegure su uso óptimo para la generación de energía renovable que mitigue las emisiones de carbono.

<sup>39</sup>Proyecto UNESCO/IHA (2008/2011): "Estado actual de las Emisiones de GEI de los Embalses de Agua Dulce" (*GHG Status of Freshwater Reservoirs*), Resumen del Proyecto, (Londres: IHA, 2008).

Figura 5. Potencial mundial y producción hidroeléctrica actual, 2004



Fuente: “Tercer Informe de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos en el Mundo” (UN World Water and Development Report 3), pág. 119.

La energía hidroeléctrica ha sido ampliamente explotada en los países desarrollados de Europa y América del Norte, y actualmente representa alrededor del 20% de la producción mundial de electricidad. Existe un considerable potencial no desarrollado en Asia, África y América Latina. Ya que los países ricos y con ingresos medios cuentan con sistemas hidroeléctricos bien desarrollados (ver Figura 5), es en los países más pobres, principalmente en el sudeste asiático y en África, donde se encuentran restringidas estas oportunidades.

### *La dinámica del riesgo y la confiabilidad en los sistemas multisectoriales*

Los problemas que enfrentan los nuevos proyectos hidroeléctricos ponen de manifiesto la importancia de colocarlos dentro de un marco más amplio de la gestión del agua, dado que, por lo general, sus impactos van mucho más allá de la producción de energía. Dichos impactos no son únicamente negativos. Los aprovechamientos multipropósito tienen el potencial de generar toda una gama de beneficios, incluyendo la regulación de caudales, la gestión de inundaciones y un suministro de agua más confiable para la agricultura, la industria y el consumo urbano.

A manera de ejemplo, además de su rol en la producción de una enorme cantidad de energía, el proyecto de las Tres Gargantas en China ha contribuido a proteger a millones de personas de inundaciones, ha mejorado la navegación en apoyo al desarrollo regional en el interior y ha brindado una fuente adicional de agua para la región árida del noreste del país.<sup>40</sup> Su éxito estriba,

<sup>40</sup>Xiaoliu y Muller, 2009..

en parte, en el hecho que fue concebido desde un comienzo como parte de un programa de desarrollo regional y no como un proyecto de energía hidroeléctrica.

Este enfoque multisectorial se está convirtiendo en la norma a seguir, a medida que la inminencia del cambio climático obliga a reconsiderar las viejas hipótesis en todos los sectores. En muchos casos, lo que se está dando es una mejor comprensión de la naturaleza del riesgo hidrológico y de su relación con los riesgos generales para la población, como así también del valor de la previsibilidad y la confiabilidad y de la necesidad de medidas deliberadas para su gestión. Ciertamente, un indicador de la gestión eficaz de los recursos hídricos es la medida en que ésta ayuda a los diferentes sectores a gestionar sus riesgos.

Uno de los resultados de una mejor comprensión es la voluntad de los usuarios para pagar por una gestión hídrica que mitigue los riesgos, lo que refleja el valor que le dan a la confiabilidad de los servicios, y las consecuencias y los costos negativos que sufren cuando el suministro no es seguro. En el caso de las empresas agrícolas, la confiabilidad del suministro de agua es más importante para los cultivos anuales que para los cultivos perennes. Estos últimos, por lo general, requieren muchos años de inversión hasta obtener la producción completa y, por ende, su pérdida tiene consecuencias más serias que los cultivos anuales. Por lo tanto, se podría prever que los productores agrícolas de cultivos perennes paguen más por asignaciones más confiables.

En la industria, el agua generalmente tiene un valor de producción mucho mayor que en la agricultura. Por esta razón, las industrias deberían prepararse para pagar más por mayores niveles de seguridad en el suministro – algo que ya está ocurriendo en muchas jurisdicciones.

En lo que respecta a determinar qué asignaciones deberían privilegiarse en situaciones de escasez, no se trata solamente de tener en cuenta quién puede pagar más. Existen también consideraciones sociales. Por ejemplo, el uso del agua para fines domésticos básicos, cuyo valor podría no calcularse de manera convencional, tiene prioridad por encima de los demás usos, lo que refleja el valor inherente de la vida humana. El agua para uso industrial genera a menudo más “empleo por gota de agua” que el agua que se utiliza en la agricultura, pero en muchos países esto no ayuda a los habitantes más pobres cuya subsistencia depende de la agricultura y quienes no cuentan con una red de seguridad económica. Los sistemas de gestión del agua eficaces reflejarán

un equilibrio entre las prioridades económicas y sociales, ya sea a través de la fijación de precios o de los sistemas de asignación, o bien a través de una combinación de ambos.

Un ejemplo de esto es la gran sequía que se produjo recientemente en la Cuenca del Murray-Darling en Australia, a raíz de lo cual se establecieron restricciones administrativas al uso del agua, para mantener los suministros a los sectores de mayor riesgo. Así lo explica el ex director de la Comisión del Murray-Darling de Australia:

El uso de agua en ese lugar se gestiona a través de un sistema de derechos de agua, definidos en términos de volumen y seguridad del suministro. Durante la prolongada sequía actual, muchos usuarios de agua están recibiendo solamente una fracción de su asignación “normal”. Esto se implementa enteramente a través de un sistema de derechos de agua – no a través de mecanismos de fijación de precios – que permite reasignar el agua desde los usos de menor valor a los usos de mayor valor. A pesar de la drástica reducción de las precipitaciones y del caudal de los ríos, el efecto sobre el valor de la producción agrícola en la Cuenca ha sido menor.<sup>41</sup>

A menudo se considera que el almacenamiento de agua es la estrategia obvia para mejorar la confiabilidad del suministro de agua; sin embargo, existen otras alternativas. En algunos casos, los sistemas de racionamiento de agua crean un sistema relativamente sofisticado de “confiabilidad gradual”, ya sea a través de la prohibición de utilizar el agua para riego de jardines urbanos o de reducciones en las asignaciones agrícolas. Si bien la aplicación de tal racionamiento es el indicio de una estrategia eficaz y apropiada, no siempre resulta algo obvio para la comunidad general de usuarios. Y existen otros enfoques que pueden utilizarse. Se pueden disponer reservas de alimentos para afrontar situaciones de cosechas reducidas debido a sequías ocasionales; el “almacenamiento” financiero bajo la forma de seguros también puede brindar protección en caso de fallas en el suministro y ayudar a suavizar el impacto de la variabilidad climática.

En muchos casos, el almacenamiento físico de agua brinda grandes beneficios al más bajo costo, pero probablemente no sea, en sí, la solución para mejorar la confiabilidad. La facilidad para almacenar agua es solo uno de los elementos de la infraestructura física requerida a tal fin.

---

<sup>41</sup>Don Blackmore y John Briscoe, Carta al Editor, en *The Economist*, 2 de Octubre de 2008.

Muchos países, especialmente los que se encuentran en las regiones áridas de África, no cuentan con las facilidades de almacenamiento adecuadas. Aún en los lugares donde el almacenamiento es significativo – como en el sur de África donde se construyeron dos de las presas más grandes del país en el río Zambeze – no necesariamente existe seguridad hídrica para todos los usuarios de agua a menos que se construya también una amplia infraestructura de transporte y distribución. Lo mismo ocurre en lugares con facilidades naturales de almacenamiento. Por ejemplo, los lagos en el este de África almacenan grandes volúmenes de agua, pero las comunidades que se encuentran lejos del lugar no pueden acceder al agua proveniente de esa fuente.

A veces, el almacenamiento puede ser un espejismo. La existencia de grandes reservas de agua puede crear la impresión de una disponibilidad abundante. Sin embargo, lo importante es la capacidad del almacenamiento para soportar (y regular) las descargas, razón por la cual las masas de agua muy grandes, como los Grandes Lagos de América del Norte, sólo pueden, llamativamente, resistir pequeñas extracciones en forma sostenible.

Uno de los desafíos (y oportunidades) de la gestión de sistemas multisectoriales radica en identificar aquellos enfoques que cumplan con objetivos múltiples. De esta manera, se podrá almacenar agua para garantizar el suministro a los usuarios aguas abajo, generar electricidad y reducir la intensidad de las inundaciones. Sin embargo, para lograr todos estos beneficios deben establecerse prioridades de operación apropiadas.

Un caso clásico que pone de manifiesto los peligros de no planificar y operar sistemas para objetivos múltiples ocurrió en la operación del proyecto hidroeléctrico de Cahora Bassa en el río Zambeze, poco tiempo después que Mozambique se independizara del poder colonial de Portugal en 1974. La Presa de Cahora Bassa, todavía muy nueva, era operada por una empresa portuguesa cuyo objetivo en ese momento era maximizar los ingresos para amortizar los enormes costos de construcción. Para eso, se mantenían los niveles de la presa en su altura máxima para que circulara la mayor cantidad de agua posible por las turbinas a la presión máxima posible. Lo que sucedió es que cuando se produjeron precipitaciones intensas aguas arriba, la presa no pudo contener el agua entrante, descargándola en el río y provocando una inundación que devastó a las comunidades situadas aguas abajo.

Es necesario contar con criterios claros para elegir entre objetivos múltiples en el diseño y operación de grandes presas. Por esta razón, las normas de operación para la Presa de las Tres Gargantas en China contemplan tanto el control de inundaciones como la energía hidroeléctrica. Las mismas obligan a reducir los niveles de la presa sustancialmente cuando se acerca el período de crecidas de manera de generar “espacio” para almacenar las aguas de inundación, y absorber el impacto de las crecidas que, de lo contrario, amenazarían a millones de personas en las comunidades aguas abajo. Si bien la reducción del nivel del embalse genera una reducción sustancial de la generación de electricidad, se considera que esta medida es necesaria para obtener los beneficios óptimos de la presa para la comunidad de la cuenca del río Yangtzé. Otras funciones, como el transporte y el suministro de agua también están contempladas en las normas de operación.

En la medida en que se disponga de información anticipada de los patrones de la precipitación estacional, se podrán perfeccionar las normas de operación para maximizar los beneficios para todos los usuarios. También se podrían diseñar instrumentos financieros para mitigar los efectos de la variabilidad sobre grupos de usuarios múltiples<sup>42</sup>. Esto, sin embargo, puede lograrse únicamente si existe almacenamiento disponible en el sistema. En este contexto, la importancia del aprovechamiento de la energía hidroeléctrica es que puede financiar el almacenamiento que respalda la adaptación y también contribuir a la mitigación produciendo energía limpia y renovable.

### *Dinámicas cambiantes para el medio ambiente*

Así como los sectores de la sociedad que utilizan el agua enfrentan considerables desafíos como consecuencia del cambio climático, lo mismo sucede con el ambiente natural del que forman parte los recursos hídricos.

Ciertamente, el cambio climático pone en tela de juicio algunas de las suposiciones básicas detrás de los enfoques actuales de gestión y protección ambientales que buscan sostener los ecosistemas existentes minimizando la interferencia humana, dado que aún sin dicha interferencia, el cambio climático afectará los ecosistemas indefectiblemente. Por ende, el estado final del medio ambiente se convierte claramente tanto en una cuestión de diseño humano como en un resultado de procesos naturales.

---

<sup>42</sup>Por ejemplo, Philippines Brown, C., y M. Carriquiry (2007): “Gestión del riesgo hidroclimatológico para el suministro de agua con contratos de opción y seguros paramétricos aplicados a los embalses” (*Managing hydroclimatological risk to water supply with option contracts and reservoir index insurance*), en *Water Resources Research*, 43, W11423, doi: 10.1029/2007WR006093.

El cambio climático – y las respuestas del hombre ante el mismo – producirá una amplia gama de cambios ambientales. Los cambios en las temperaturas y la hidrología tendrán un efecto sobre la cobertura vegetal, como así también sobre los ecosistemas y la biodiversidad de ríos y humedales a un nivel más general. Los esfuerzos de mitigación, como la gestión de bosques y las prácticas de explotación del suelo, así también como el aumento potencial del aprovechamiento de la energía hidroeléctrica y de la producción de biocombustibles, igualmente afectarán los ecosistemas.

En aquellos lugares donde el agua es cada vez más escasa, el ambiente natural existente probablemente sea el primero en sufrir. Pocos países cuentan con mecanismos eficaces para asegurar que permanezca el agua adecuada en los ríos y acuíferos para sostener los ecosistemas acuáticos y su biodiversidad. En la mayoría de los casos, los ecosistemas son los primeros en perder en la competencia por el agua mientras que otros usuarios (los hogares, la agricultura y la industria) continúan extrayendo agua para la producción. Ante un clima que está cambiando constantemente, poder establecer un equilibrio adecuado será aún más difícil de lo que resulta hoy.

#### *Variabilidad hidrológica, cambio climático y crecimiento económico*

Debido a que la variabilidad de las precipitaciones y del caudal de los ríos aumentará con el cambio climático, esto tendrá un efecto significativo sobre el crecimiento económico – en especial en los países pobres. De hecho, la investigación sobre el impacto económico de la escasez y la variabilidad sugiere que los únicos países y regiones que evitaron el retraso impuesto por la variabilidad del cambio climático sobre el desarrollo, fueron aquellos con los recursos financieros e intelectuales para manejarla.

Tanto la acción, como especialmente la inacción para hacer frente a la variabilidad hidrológica ocasionarán considerables costos económicos, sociales y ambientales. Los costos relacionados con el manejo de una mayor variabilidad hidrológica serán sustanciales. Y dichos costos surgirán se tomen medidas, o no. De este modo, en áreas vulnerables a un aumento de las inundaciones, los costos sociales, políticos y financieros de medidas tales como la reubicación de viviendas vulnerables, el fortalecimiento de las estructuras de protección contra inundaciones y de los sistemas de alerta temprana deberán establecerse para compensar los costos de la inacción que se medirán en función de las muertes y de los daños materiales.

Estos costos – y las circunstancias que los generan – deben ser comprendidos y estructurados cuidadosamente en el contexto específico dentro del cual

surgen. No existe una receta universal para resolver la multitud de circunstancias locales. Lo que sí será importante es la adopción de un enfoque estructurado que tenga en cuenta las cuestiones relevantes y las posibles respuestas, y que brinde un enfoque sistemático para tomar decisiones.

### *Patrones espaciales del desarrollo*

Es probable que la actividad económica se traslade hacia áreas con mayor seguridad hídrica, y se aleje de aquellas donde el suministro sea incierto y los peligros relacionados con el agua sean mayores. Esto, a su vez, aumentará la competencia en aquellas áreas que tengan seguridad hídrica, socavando potencialmente la seguridad hídrica misma que fue lo que, en un principio, atrajo a los usuarios hacia dicha región.

En general, las áreas menos seguras están habitadas por poblaciones con menores recursos. A medida que las áreas vulnerables se tornen más vulnerables – a las inundaciones, al aumento del nivel del mar, a la intrusión del agua subterránea, a la pérdida de suelos aptos para cultivo – es probable que los pobres sean quienes sufran los impactos de manera desproporcionada.

El comercio de productos que requieren grandes cantidades de agua (“agua virtual”) puede aumentar a medida que se modifiquen los patrones de seguridad hídrica. El comercio podría mitigar algunos de los efectos negativos del cambio climático si los países con inseguridad hídrica pudieran importar alimentos de los países donde el agua es abundante. Sin embargo, la volatilidad reciente en los precios de los alimentos ha incrementado las viejas inquietudes respecto a la dependencia del comercio para la obtención de cantidades importantes de alimentos básicos.

Para las naciones ricas, una nueva estrategia de supervivencia relacionada con este aspecto es la de adquirir tierras en el extranjero. Por ejemplo, hace poco tiempo Arabia Saudita compró muchas tierras para uso agrícola en el sur y centro de Asia; China ha invertido en Sudán y Mozambique; y, según se informa, Corea del Sur estaría proponiendo cultivar en Madagascar. El Presidente de Nestlé – la empresa de alimentos más grande del mundo – ha sugerido que este proceso está más relacionado con acceder al agua que acceder a la tierra.<sup>43</sup>

---

<sup>43</sup>Peter Brabeck-Letmathe: “La Próxima Gran Cosa: H2O” (The Next Big Thing: H2O), Foreign Policy, Mayo/Junio de 2009.

Las condiciones cambiantes de la seguridad hídrica también generarán cambios en la ubicación espacial de los asentamientos humanos. Un informe reciente de CARE identifica a las sequías, las inundaciones, el derretimiento de los glaciares, el aumento del nivel del mar y los nuevos patrones agrícolas como disparadores clave de una potencial alteración social masiva, inducida por el cambio climático.

Los impactos del cambio climático ya están causando migración y desalojo. Si bien no se conoce el número exacto de personas que tendrán que trasladarse para mediados de siglo, la escala y el alcance podrían superar ampliamente cualquier situación que haya ocurrido antes. Las personas de los países y estados insulares menos desarrollados serán los primeros – y los más – afectados. Las consecuencias para la mayoría de los aspectos del desarrollo y de la seguridad humana podrían ser devastadoras. También habría graves implicaciones para la estabilidad política.<sup>44</sup>

### ***Cambio estructural en las economías***

Si las condiciones de la seguridad hídrica de un área en particular cambian, los rendimientos de determinadas actividades económicas tenderán a modificarse. La participación en la producción económica de las actividades vulnerables al agua declinaría, en tanto que aquellas actividades con mayor resistencia deberían crecer.

Las respuestas orientadas a la adaptación promoverían tecnologías, infraestructura y prácticas de gestión hídrica que aumenten la resistencia a la variabilidad hidrológica y fomenten una mayor inversión en los sectores de la economía con una mayor resistencia al agua.<sup>45</sup>

En este contexto, vale notar que las mejoras de la gestión hídrica en la agricultura puedan depender significativamente de los términos de intercambio para los productos agrícolas. A menos que los agricultores obtengan una ganancia adecuada por sus cultivos, no podrán costear las inversiones en la eficiencia hídrica que les permita afrontar una reducción del agua disponible. Esto también limitará su capacidad – en áreas donde los

---

<sup>44</sup>CARE: “En busca de refugio: mapeo de los efectos del cambio climático en la migración humana” (*In search of shelter: mapping the effects of climate change on human migration*), CARE y CEISIN, 2009.

<sup>45</sup>Por ejemplo, ver: “El Agua en una Economía Sostenible” (*Water in a Sustainable Economy*), por Ger Bergkamp y Claudia W. Sadoff en: “El Estado del Mundo 2008: Innovaciones para una Economía Sostenible” (*State of the World 2008: Innovations for a Sustainable Economy*), (Washington, DC: Earthscan, 2008).

suministros de agua aún no han sufrido variaciones – para reducir el uso de agua y liberarla para otros fines.

Si bien el comercio de “agua virtual” puede ayudar a sostener la producción de alimentos garantizando que el recurso sea distribuido en las zonas de mayor potencial, este proceso puede producirse a expensas de los pobres en áreas cuyo potencial está decreciendo. Por lo tanto, si bien puede que el mundo tenga suficiente cantidad de alimentos, un efecto probable del cambio climático será que los pobres en muchos países no cuenten con los ingresos necesarios para adquirirlos.

### **2.3. Factores agravantes**

Los efectos del cambio climático sobre diferentes sectores de la sociedad plantean serios desafíos para la gestión de recursos hídricos. Sin embargo, no son las únicas amenazas en el horizonte. En efecto, otros impulsores de cambio son tan apremiantes en el corto plazo como en el mediano plazo. Estos impulsores forman una parte importante del contexto dentro del cual los encargados de la gestión del agua deben responder al clima.

Dichos impulsores incluyen: el crecimiento demográfico; el desarrollo económico y los cambios asociados en los patrones de consumo; los desarrollos tecnológicos; las estrategias de mitigación del cambio climático; la urbanización y los cambios en el uso del suelo.

#### *Cambios demográficos*

La mayoría de las medidas relacionadas con el “estrés hídrico” o la “escasez de agua” se basan en la cantidad de agua disponible por persona. Si bien la variabilidad – más que la cantidad absoluta de agua disponible – es lo que, por lo general, está más estrechamente relacionado con el desempeño en términos de desarrollo, las implicaciones de la escasez de agua siguen siendo importantes. Particularmente en África, pero también en Asia y América Latina, la creciente escasez de agua se debe principalmente al crecimiento demográfico que compite por la misma cantidad de agua, más que a los cambios que se producen en la variabilidad del recurso.

#### *Desarrollo económico y cambios asociados en los patrones de consumo*

En los lugares donde el desarrollo económico genera un aumento en los ingresos de los habitantes, los patrones de consumo sufren modificaciones. Los cambios de alimentación, sobre todo, influyen en la demanda de agua. Concretamente, el cambio de una dieta basada en granos a una basada en carnes está asociado a un aumento sustancial del agua que se consume per

cápita. La mayoría de los cambios en el consumo como resultado de un nivel de vida más alto tendrán el efecto de expandir las “huellas hídricas” de los individuos.

### *Desarrollos tecnológicos*

Existen muchas áreas donde el cambio tecnológico afecta el agua y su gestión. Esto puede ser beneficioso, como por ejemplo el desarrollo de tecnologías que ahorran el uso de agua y reducen así la presión sobre el recurso. Sin embargo, existen muchas instancias en las cuales el desarrollo tecnológico tiene impactos negativos en los recursos hídricos. Esto es lo que sucede con respecto a la calidad del agua; muchos productos químicos y farmacéuticos introducidos en la sociedad se eliminan y diseminan a través del ciclo del agua con consecuencias impredecibles para la salud humana.<sup>46</sup> El aprovechamiento de nuevas fuentes de energía, como los esquistos bituminosos, plantea serias amenazas para la calidad del agua en muchas áreas.

### *Urbanización y cambios en el uso del suelo*

Las inundaciones constituyen un serio desafío de la gestión de recursos hídricos, aún si no existiese el cambio climático. Los costos crecientes de las inundaciones se deben no sólo a los cambios en la intensidad y frecuencia de las mismas, sino al crecimiento demográfico, la urbanización y los cambios en el uso del suelo que empujan a las poblaciones y los bienes hacia zonas vulnerables. Por lo tanto, la urbanización y la planificación territorial también pueden constituir factores que influyen en la forma en que el agua afecta a la sociedad y viceversa.

### *Estrategias de mitigación del cambio climático*

La idea de que las estrategias de mitigación del cambio climático podrían empeorar el impacto del cambio climático en el sector hídrico es paradójica, pero cierta. Las presiones para expandir la energía hidroeléctrica o desarrollar nuevas fuentes de biocombustibles tendrán un impacto sobre los recursos hídricos. Resolver el problema de la energía podría, por lo tanto, agravar las presiones sobre los recursos hídricos, así también como ejercer presión sobre los suministros de alimentos. Este es un buen ejemplo que muestra la necesidad de tener en cuenta los efectos sobre los recursos hídricos al momento de revisar las estrategias de mitigación del cambio climático.

---

<sup>46</sup> Ver: “Es Hora de Aprender de las Ranas” (It’s Time to Learn from Frogs), de Nicholas D. Kristof, New York Times, 28 de Junio de 2009, sobre las preocupaciones con respecto a la presencia de interruptores endocrinos en los suministros de agua.

### ***Incertidumbre y plazos***

La incertidumbre penetra cada aspecto de la planificación para la adaptación al cambio climático. Muchos consideran que esta es una buena razón para posponer la acción. Se espera que la mayoría de los impactos se produzcan de aquí a algunas décadas en el futuro, y la escala de los mismos podría variar considerablemente dependiendo de una gama de factores – el éxito y el alcance de los esfuerzos de mitigación, la precisión de los modelos actuales, el potencial de los puntos de inflexión no lineales que no se pueden modelar, etc.

Pero el margen de tiempo para alinear las respuestas de la gestión de recursos hídricos se encuentra en una escala de tiempo similar. En general, se requiere más de una década para diseñar y construir obras de infraestructura de recursos hídricos de gran envergadura, como los grandes embalses o las grandes tuberías. Asimismo, son construcciones sumamente duraderas. Las estructuras que se construyen hoy seguirán estando en pie – y, es de esperar, seguirán funcionando – de aquí a los próximos cien años. De manera similar, los datos y la información hidrológica que se recaban hoy permitirán monitorear, comprender y gestionar la hidrología cambiante del planeta durante muchas décadas más.

Si bien no cabe duda que es complejo establecer el orden de las prioridades específicas a mediano plazo, es oportuno y prudente centrarnos ahora en desarrollar nuestra comprensión de los problemas y nuestra capacidad para abordarlos. Es igualmente importante aprovechar las oportunidades de intervención existentes, ya sea aumentando la regulación de los ríos y el almacenamiento de agua; fortaleciendo los sistemas de información hidrológica, en particular para aquellos recursos hídricos estratégicos de los que se sabe muy poco, como el agua subterránea y el derretimiento de los glaciares; e introduciendo las difíciles medidas “blandas”, como los programas e incentivos de conservación para reducir la contaminación que modificarán nuestro comportamiento y nos harán menos vulnerables en el futuro.

## **Cuadro 7: Cambio climático en la región del Mediterráneo: posibles amenazas y respuestas**

Todos los escenarios de cambio climático predicen que el Mediterráneo será una de las regiones más severamente afectadas, con un aumento de la intensidad y frecuencia de las inundaciones y, en especial, de las sequías, y con repercusiones para el estado cualitativo y cuantitativo de los recursos hídricos. Estos cambios exacerbarán el grave estrés hídrico que ya existe en la mayor parte de la región, incluyendo a África del Norte, Medio Oriente, y el sudeste y sur de Europa. Sin embargo, los impactos y sus ramificaciones no serán uniformes en toda la región como se puede apreciar en el siguiente resumen:

### ***África del Norte***

El cambio climático intensificará los problemas para superar la pobreza y asegurar los medios de subsistencia. Se espera una mayor competencia por los recursos hídricos para la agricultura, el uso doméstico, el turismo, etc., con un aumento de la demanda anual de agua que llegará a 50 km<sup>3</sup>. Los problemas relacionados con la salud (contaminación potencial de los sistemas de suministro por las aguas servidas debido a las inundaciones) serán exacerbados, lo cual probablemente aumente la migración y los riesgos de conflictos entre los países que comparten recursos hídricos.

Las consecuencias del cambio climático podrían incluir: sequías severas, una reducción significativa (en el orden del 50%) de la escorrentía y el caudal de los ríos y una reducción de la humedad del suelo debido a menores precipitaciones y temperaturas más altas, lo cual, a su vez, producirá una mayor evaporación, aridez, mayores riesgos de incendios forestales y desertificación.

En el Magreb, la agricultura está compuesta por explotaciones agrícolas de pequeña escala, sin riego, que no se están modernizando con la rapidez suficiente para alimentar a una población cada vez mayor. Por esta razón, se estima que las sequías cada vez más frecuentes disminuirán la producción agrícola en más de un 20% (para 2080) con puntos máximos de casi un 40% en Marruecos y Argelia. Esto podría poner a prueba sus economías, a través de una mayor importación de alimentos, y también generar serios impactos sociales dado que la agricultura emplea al 40% de la población.

Se espera que aumente la actual extracción masiva de agua "fósil" del Acuífero de Areniscas de Nubia y del Acuífero del Norte del Sahara, generando numerosos problemas secundarios. Asimismo, los modelos sugieren que la recarga de agua subterránea disminuirá dramáticamente a lo largo de la margen sur del Mediterráneo – en más de un 70% hasta 2050. Argelia y Túnez también son vulnerables a peligros naturales como las inundaciones, y junto con Marruecos, podrían ser parcialmente afectadas por el aumento del nivel del mar.

### ***Medio Oriente***

La mayoría de los escenarios de cambio climático, para Egipto y Medio Oriente en general, coinciden en que la subregión sufrirá una disminución considerable de la disponibilidad de

### **Cuadro 7: Cambio climático en la región del Mediterráneo: posibles amenazas y respuestas, continuación.**

agua con cambios en los patrones de precipitación y una mayor evapotranspiración. Esto afectará a los cultivos que son vitales para la región, como el arroz, las frutas cítricas y la remolacha azucarera, que dependen del riego en un 80% (por ejemplo, Egipto, el Líbano y Jordania). Un aumento de la temperatura de 3 a 4 grados centígrados podría causar una disminución del rendimiento de los cultivos entre un 25 y un 35%, según la FAO.

Se estima que las nevadas y, sobre todo, la capa de nieve en las altas montañas de la región (por ejemplo en el Líbano y Turquía) disminuirán dramáticamente con consecuencias hidrogeológicas, ecológicas y económicas negativas (por ejemplo, para el turismo invernal y la energía hidroeléctrica).

La competencia por el agua dentro de la región y a nivel transfronterizo puede crecer, con el consiguiente riesgo de intensificar los conflictos, la violencia y la agitación política actuales. El Delta del Nilo es especialmente vulnerable a las inundaciones provocadas por el aumento del nivel del mar.

#### ***Sudeste de Europa***

En el sudeste de Europa, las actividades económicas que dependen de la disponibilidad de agua, como la agricultura, el turismo, la industria y la energía, serán afectadas negativamente. En los Balcanes occidentales, donde países como Albania, Bosnia y Herzegovina y Serbia dependen de la energía hidroeléctrica para el suministro de electricidad, la disminución de las precipitaciones y la menor duración de la capa de nieve en las montañas someterán a un mayor estrés a la seguridad energética.

A lo largo de la costa Adriática, los mayores riesgos de inundaciones, erosión y pérdida de tierras (debido a las tempestades y el aumento del nivel del mar) amenazarán los asentamientos humanos y los hábitats naturales costeros, incluyendo a los principales humedales, que son vitales para la biodiversidad.

#### ***Países mediterráneos de la Unión Europea***

En los países del sudeste Europeo, se estima que los episodios graves de sequía serán más frecuentes, con sequías particularmente intensas en el verano. Esto podría exacerbarse aún más debido a una mayor demanda de agua como resultado de las elevadas temperaturas. Los más afectados serán Chipre, Malta, Grecia (principalmente Creta, el Peloponeso, Ática y las islas Egeas), el sur de Italia y sus islas y el sudeste de España, con un aumento de la frecuencia y severidad de las sequías y la escasez de agua. Las olas de calor pueden afectar seriamente el turismo, la salud de la población, e incrementar el consumo de la energía para la refrigeración.

Los estados insulares de la región (Chipre y Malta), además de la severa escasez de agua que padecen actualmente, están particularmente expuestos al riesgo del aumento del nivel del mar, y varios lugares, que incluyen a biotopos valiosos, se encuentran dentro de un

## **Cuadro 7: Cambio climático en la región del Mediterráneo: posibles amenazas y respuestas, continuación.**

índice de alta vulnerabilidad.

### ***Ecosistemas***

Muchos científicos y expertos en conservación estiman que el cambio climático tendrá efectos severos y perjudiciales sobre los biotopos costeros de la región. Los humedales en particular, que constituyen importantes zonas de amortiguamiento para la calidad del agua y la prevención de inundaciones, se encuentran bajo amenaza inmediata debido a la reducida disponibilidad de agua, una mayor extracción del recurso y el aumento de la evaporación debido a temperaturas más altas.

El impacto de la reducción de los servicios ecológicos de los humedales va más allá de la regulación de los balances hídricos locales y la protección de los acuíferos contra la intrusión de agua salada. Por ejemplo, la drástica reducción del tamaño de la pluma del Nilo fuera de su delta no sólo ha cambiado el equilibrio de los nutrientes en la región y las poblaciones icticas predominantes, sino también ha reducido dramáticamente la barrera de baja salinidad en la entrada al Mediterráneo desde el Canal de Suez. Esta “barrera” solía inhibir el ingreso de especies extrañas del Mar Rojo y el Océano Índico, pero ahora su eficacia se ha deteriorado enormemente.

En otro frente, los bosques y las formaciones de maquia de acebuche en el Mediterráneo están más expuestos a incendios forestales, debido a la poca humedad, reduciéndose así la cobertura vegetal. Esta situación, a su vez, acelera la degradación de la tierra y la erosión del suelo en áreas áridas y semiáridas y genera una mayor liberación de gases de efecto invernadero.

En todo el Mediterráneo, existen cientos de miles de basurales y rellenos sanitarios grandes y pequeños. El aumento de las inundaciones incrementará la contaminación de los cuerpos de agua subterránea y superficial, mientras que el aumento de los incendios forestales generará una mayor contaminación atmosférica por las sustancias vertidas y quemadas, dado que muchos de los rellenos sanitarios ilegales están ubicados cerca de los bosques.

### ***Respuestas de adaptación hidrológica para el Mediterráneo***

La resistencia con respecto a los impactos del cambio climático dependerá, hasta cierto punto, del estado de la infraestructura hídrica. Pero los mecanismos institucionales que aseguren la promoción de los servicios de los ecosistemas y la gestión de la demanda de agua – y que a menudo son más económicos y más eficaces que el enfoque de infraestructura – son igualmente importantes.

De hecho, en el Mediterráneo, todos los análisis coinciden que cuando se aborda el problema de la escasez de agua, debería darse prioridad a la gestión de la demanda antes que al mayor suministro, fundamentalmente introduciendo tecnologías nuevas y más eficaces,

### **Cuadro 7: Cambio climático en la región del Mediterráneo: posibles amenazas y respuestas, continuación.**

ajustando los precios e informando, educando y promoviendo sistemáticamente una cultura de conservación ante la decreciente disponibilidad de agua en la región.

#### ***Políticas, planificación estratégica y enfoques institucionales***

La adaptación al cambio climático requerirá una mayor integración de las políticas, las estrategias y las medidas en todos los niveles: nacional, regional y de cuencas hidrográficas. Esto incluye una serie de actividades, desde respuestas ante el daño y los desastres provocados por el cambio climático hasta políticas proactivas destinadas a reducir la vulnerabilidad.

El uso de “márgenes” altos en todos los cálculos y previsiones puede ser aconsejable para la planificación del agua y del desarrollo sostenible. Algunos países ya han realizado esfuerzos importantes al respecto, como Marruecos con su exitosa Iniciativa Nacional de Desarrollo Humano.

Para proteger al sector hídrico del cambio climático, se podría difundir el uso de herramientas de adaptación, como los escenarios de cambio climático, las evaluaciones de vulnerabilidad, las opciones prioritarias para la adaptación y los programas de gestión de riesgos climáticos, que faciliten la toma de decisiones en todos los niveles. El desarrollo de la cooperación interinstitucional sería también una medida útil. La planificación territorial, entre otras cosas, para la protección civil (es decir, la reubicación de comunidades en riesgo ubicadas en zonas costeras o planicies fluviales inundadas) y, sobre todo, el diseño cuidadoso de la infraestructura hídrica constituyen herramientas muy útiles.

Deberán desarrollarse y aplicarse marcos de regulación adecuados; probablemente deba reformarse la estructura institucional para poder responder a los nuevos riesgos del cambio climático de manera holística. Deberá mejorarse la capacidad de adaptación tanto de los individuos como de las instituciones y las autoridades.

#### ***Soluciones técnicas***

Las medidas de eficiencia y conservación del agua son de extrema importancia para la protección de los recursos de agua subterránea. Las medidas correspondientes en este caso deberían estar estrechamente relacionadas con medidas legales y socioeconómicas. Las mismas incluyen desde grifos que permiten el ahorro de agua doméstica, la medición de agua y los incentivos económicos – por ejemplo, bloqueo de las tarifas del agua para uso doméstico basado en los niveles de consumo – hasta el desarrollo de dispositivos para el ahorro de agua, la reducción de fugas en las redes de distribución, el riego por goteo en la agricultura, y técnicas de producción y reciclaje más limpias en la industria y en los sectores de energía. Varios países ya están ofreciendo incentivos para el riego por goteo y otros dispositivos para el ahorro de agua.

Las medidas del lado de la oferta también son necesarias para satisfacer la creciente demanda

**Cuadro 7: Cambio climático en la región del Mediterráneo: posibles amenazas y respuestas, continuación.**

de agua de la población y de los diferentes sectores económicos. Muchas de estas medidas ya se están aplicando ampliamente e incluyen el desarrollo de recursos hídricos no convencionales, como la cosecha de agua de lluvia, aplicada en la región de diferentes maneras, la reutilización del agua residual tratada (que será promovida en la región para fines culturales como agua “regenerada”), técnicas de desalinización, así como sistemas de recolección y almacenamiento de agua a pequeña y mediana escala, grandes presas, sistemas de drenaje sostenible, trasvases entre cuencas y la recarga artificial de agua subterránea.

Para asegurar la protección civil contra los desastres relacionados con el cambio climático, es necesario que se desarrollen herramientas de planificación de contingencias para toda la región y a nivel nacional o zonal. Esto implica el fortalecimiento de las capacidades de monitoreo hidrológico, el desarrollo de sistemas de alertas tempranas, mecanismos de protección civil (equipos para el combate de incendios), planes de gestión de la sequía y programas de mitigación del riesgo de inundaciones (estrategias que combinen la gestión de cuencas y la planificación territorial). La protección de la infraestructura hídrica (presas, dispositivos para la recolección de agua) contra el cambio climático constituye otro aspecto de la gestión del riesgo climático.

*Autor: Michael Scoullos, Presidente, Global Water Partnership – Mediterráneo (GWP-Med)*

### 3. LA ADAPTACIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO A TRAVÉS DE UNA MEJOR GESTIÓN DEL AGUA

---



Las personas encargadas de elaborar políticas deben comprender que el agua es el medio principal a través del cual el cambio climático impactará en el desarrollo; del mismo modo, deben incorporar esta percepción a la gestión y planificación de desarrollo en general. Asimismo, es importante que tanto los administradores como los usuarios de agua se adapten al futuro a medida que se despliega. Se requiere una gestión de recursos hídricos capaz de identificar y afrontar los desafíos, así como las incertidumbres.

El desafío que supone mitigar el cambio climático se aborda a través de una serie de cambios fundamentales en el modo en que las sociedades producen y utilizan la energía; desde los recursos que éstas utilizan para impulsar sus actividades; el modo en que estos recursos se utilizan y combinan para generar energía; hasta los patrones de emplazamiento que las sociedades adoptan para las ciudades y los sistemas de transporte público. Esto también abarca los patrones de producción, consumo y comercio, con el fin de reducir la producción de dióxido de carbono y otros gases de efecto invernadero.

Se requiere un enfoque similar para el uso del agua. El desafío que implica la adaptación al cambio climático puede comenzar a abordarse a través de una serie de cambios fundamentales en el modo en el que las sociedades administran y desarrollan sus recursos hídricos. A diferencia de la energía, el agua es difícil de transportar a lo largo de grandes distancias; los patrones de uso están muy localizados y varían drásticamente de un país a otro y hasta dentro de un mismo país<sup>47</sup>. Muchas veces, fuentes de agua aparentemente distintas se relacionan entre sí a través del ciclo del agua. Las plantaciones forestales en las laderas de las montañas pueden agotar el agua subterránea de los valles; la excesiva extracción por bombeo de agua subterránea en un área puede secar los arroyos cercanos a esa zona; la explotación de un río con el fin de obtener energía hidroeléctrica puede perjudicar a las poblaciones ictícolas y afectar el medio de vida de los pescadores en los estuarios aguas abajo.

---

<sup>47</sup>Para un debate sobre la economía única de la transferencia y provisión de agua, ver: "Agua y Servicios Sanitarios: Trabajo para el Consenso de Copenhague, 2008" (*Water and Sanitation: Challenge Paper for the Copenhagen Consensus 2008*), de Dale Whittington con W. Michael Hanemann, Claudia W Sadoff y Marc Jeuland, (Copenhague: Centro del Consenso de Copenhague, 2008).

Por lo tanto, es necesario que exista una gestión de recursos hídricos y que el agua se utilice y reutilice de un modo que refleje su variabilidad, incertidumbre, escasez y abundancia, como la interconexión entre los usuarios en distintos niveles: local, regional y global.

Uno de los objetivos fundamentales es lograr que todos los usuarios y demás partes interesadas en la sociedad conozcan cuáles son los desafíos que pueden llegar a afectarlos en relación con el agua, cuáles son los diferentes enfoques que les permitirían adaptarse, y cuáles son los acuerdos institucionales y gubernamentales a tal fin. Esto también garantizará que los problemas hídricos se incluyan en estrategias amplias de desarrollo y cambio climático.

No obstante, lo más importante es tener en claro los objetivos de la gestión de recursos hídricos, y comenzando con la seguridad hídrica básica. Más allá de eso, el desafío reside en hallar las maneras en que el agua, y su gestión, contribuyan a lograr un desarrollo económico y social más amplio y sostenible.

### **3.1. La seguridad hídrica, marco y objetivo primordial para la adaptación**

Dadas las muchas maneras en que el agua puede mejorar la vida y es el modo de subsistencia de mucha gente, y a la vez causar estragos, lograr la seguridad hídrica debe ser el primer objetivo. Este desafío, al que ya se enfrentan muchos países, se agrava cada vez más ante las perspectivas del cambio climático, cuyo impacto se sentirá de manera desproporcionada en las comunidades más pobres y vulnerables del mundo.

Por lo tanto, la seguridad hídrica es el corazón de la adaptación al cambio climático. La seguridad hídrica, que se define como “la provisión confiable de una cantidad y calidad de agua aceptable para la salud, la producción de bienes y servicios y los medios de subsistencia, junto con un nivel aceptable de riesgos relacionados con el agua”,<sup>48</sup> es una base mínima pero realista. Los riesgos no podrán evitarse totalmente, aunque sí se mantendrán en un nivel aceptable. Del mismo modo, aunque la salud y los medios de subsistencia no alcancen un grado óptimo, la gestión del agua puede propiciar el logro de niveles mínimos aceptables de desarrollo social. El imperativo de proteger el medio ambiente natural queda implícito, dado que, en muchos casos, la salud, los medios de subsistencia y la protección contra los desastres naturales dependen de la preservación del ambiente natural.

---

<sup>48</sup> Grey y Sadoff (2007).

Por ende, a pesar de que “la seguridad hídrica” no aborda los objetivos sociales y económicos más amplios a los que muchas sociedades aspiran, o el espectro completo de sus metas ambientales, sí prevé las condiciones para que el agua no sea un obstáculo para el logro de tales objetivos.

Asimismo, es necesario señalar que la seguridad hídrica no se obtiene solamente protegiendo y garantizando la correcta disponibilidad de agua como recurso. La protección, el desarrollo y la gestión de recursos hídricos, y la gestión y la provisión de servicios hídricos, constituyen esfuerzos relacionados, pero diferentes entre sí. Ambos son desafíos de la seguridad hídrica. Obtener agua de manera segura y confiable de una fuente y hacerla llegar a los usuarios exige, por lo general, cierta infraestructura y la intervención continua de instituciones proveedoras del servicio, en especial en grandes áreas urbanas. El desafío que significa garantizar que estas instituciones proveedoras de servicio funcionen de manera eficiente excede este trabajo; sin embargo, queda claro que si el recurso es inadecuado en sí mismo, resultará más difícil brindar servicios que sean adecuados. Es muy factible que los servicios hídricos fallen si no se tienen en cuenta los cambios climáticos posibles, u otras presiones que sufren los recursos hídricos.

Por esto, es urgente que los esfuerzos para lograr la adaptación comiencen ya mismo, ya que tanto las instituciones que establezcamos como la infraestructura que construyamos hoy, nos mantendrán apresados en los mismos patrones de comportamiento durante muchos años. Si no actuamos ahora, perderemos la oportunidad de adaptarnos a estos cambios más fácilmente y, en consecuencia, de asegurarnos un futuro a largo plazo más sostenible.

Más aún, la seguridad hídrica no es un logro que se obtiene hoy y para siempre, en especial debido al cambio climático. Será necesario un esfuerzo sistemático para preservarla, así como para manejar los impactos que el cambio climático pueda tener en todos los demás factores de presión sobre los recursos hídricos. La seguridad hídrica exige innovaciones tanto técnicas como institucionales, y puede generar oportunidades para mejorar la provisión del servicio e impulsar la actividad económica. Un buen ejemplo de ello es el de Singapur. Este país demostró que se puede ir más allá de los requerimientos inmediatos de la seguridad hídrica adoptando e implementando de manera dinámica un enfoque coordinado e integral para lograr – y luego aprovechar – la seguridad hídrica (véase el Cuadro 8).

### **Cuadro 8: Singapur obtiene seguridad gracias a la cosecha de agua y su reutilización creativa**

La isla de Singapur es una nación pequeña y densamente poblada cerca de las costas de Malasia. A pesar de encontrarse en una zona de lluvias tropicales, Singapur cuenta con recursos hídricos limitados debido a su escasa superficie y a que siempre ha dependido de los suministros de su país vecino, Malasia. A veces, hay circunstancias que tienen un impacto más inmediato que el cambio climático. Esto quedó demostrado cuando Malasia inició una renegociación de los acuerdos de suministros, en la que se sugería implícitamente que las futuras entregas podían ser más limitadas, amenazando así la seguridad hídrica de Singapur.

La respuesta de Singapur para garantizar su seguridad hídrica fue la inversión en un plan orientado a la conservación, la eficacia, la innovación y la reutilización. Una consecuencia de esta respuesta es que ahora Singapur puede satisfacer sus necesidades hídricas de un modo seguro. Otro resultado importante fue el desarrollo significativo de su capacidad tecnológica, la que está exportando a otros países.

“Singapur sabe lo que significa ser sostenible en materia de aguas e, impulsada por esta visión, ha estado invirtiendo en investigación y tecnología. En la actualidad, esta nación cuenta con un suministro de agua sólido, variado y sostenible proveniente de cuatro fuentes diferentes que se conocen como Four National Taps, o “los cuatro grifos nacionales”. Estas fuentes son: el agua de las cuencas locales, el agua importada, el agua recuperada (conocida como NEWater) y el agua desalinizada.

Al integrar el sistema y optimizar la eficiencia de cada uno de estos “cuatro grifos”, Singapur se aseguró un suministro de agua estable y sostenible, capaz de amoldarse al crecimiento continuo del país”.<sup>49</sup>

De más está decir que, gracias a esta medida, Singapur redujo sistemáticamente su vulnerabilidad al cambio climático. En efecto, puede aprovechar las lluvias tropicales intensas para almacenar el agua de lluvia en lagunas costeras fabricadas por el hombre, lo que reduce la cantidad de agua que debe ser desalinizada y también, en consecuencia, su huella de carbono.

<sup>49</sup>PUB (Agencia de Aguas de Singapur), “Los cuatro grifos nacionales ofrecen agua para todos” (Four national taps provide water for all), página web, <http://www.pub.gov.sg/water/Pages/default.aspx>. Se visitó por última vez el 13 de noviembre de 2008.

### **3.2. Seguridad hídrica mediante la gestión integrada de recursos hídricos**

Si el objetivo es lograr y sostener la seguridad hídrica, la gestión del agua debe reflejar la naturaleza integrada de su ciclo teniendo en cuenta a los distintos usuarios, usos, peligros y recursos amenazados. La Gestión Integrada de Recursos Hídricos (GIRH) apunta a ello. La GIRH reconoce de manera explícita la necesidad de estructurar y manejar las inevitables ventajas y desventajas de la gestión del agua. Reconoce que un tipo de uso puede afectar a los demás y que todos dependen de la integridad de la base de los recursos.

Para adaptarse eficazmente al cambio climático, se necesitará una mejor gestión del agua que incluya una combinación de medidas “duras” (de infraestructura) y “blandas” (institucionales), que excedan lo que normalmente se consideran “negocios hídricos”. En especial, las estrategias de adaptación al cambio climático pueden exigir cambios más drásticos en el modo en que la agricultura, la industria y los asentamientos humanos se manejan en general.

Ni los desafíos que el desarrollo debe enfrentar por el cambio climático, ni muchas de las respuestas potenciales a dichos desafíos son novedosos. Muchas de ellas se enunciaron por primera vez en una plataforma internacional en la Cumbre de la Tierra en 1992, en Río de Janeiro. Esta plataforma advirtió cuáles eran los peligros y trazó un plan de acción para afrontarlos, de tal manera que se equilibraran dos objetivos idénticos: atender la protección del medio ambiente y también las necesidades de desarrollo del mundo pobre. En la Cumbre de 1992, se acordó el enfoque de gestión y desarrollo integrado de los recursos hídricos, (lo que luego se conocería como GIRH), como un modo de enfrentar una serie de peligros ambientales, sin descuidar que las necesidades de los pueblos, en especial de los pobres, se atendieran de manera eficaz.

Desde aquella Cumbre de la Tierra de 1992, en Río de Janeiro, se han hecho avances significativos. Pero el proceso es lento y disparejo. Esto no sólo se debe a la resistencia natural a los cambios por parte de las instituciones, sino también a la negativa, tanto de los gobiernos como de las personas, de desviar recursos de las prioridades de corto plazo para destinarlos a proyectos de largo plazo. Pero también es debido a que las razones subyacentes son complejas, y la experiencia alrededor de las medidas propuestas es limitada.

El enfoque propuesto en la Cumbre de la Tierra en Río de Janeiro en 1992, reiterada en 2002 en la Cumbre Mundial sobre el Desarrollo Sostenible en

Johannesburgo y adoptada ampliamente como una buena práctica por casi todos los países en la actualidad, es la GIRH.

Vale la pena reflexionar sobre el modo en que la Agenda 21, la resolución final de la Cumbre de Río de Janeiro, hace referencia a la cuestión climática e hídrica (véase el fragmento en el Cuadro 9). Este texto no solamente ofrece una perspectiva histórica valiosa, sino que, más importante aún, pone en evidencia lo difícil que resulta pasar de la identificación del problema a la medida efectiva, como así también el fracaso generalizado para sacar ventaja de las advertencias tempranas. Junto con las recomendaciones de la Agenda 21 para la gestión y el desarrollo integrado del agua (fue la primera vez que se llegó a un acuerdo sobre estas recomendaciones y se formalizaron a nivel mundial), muchas de las sugerencias de la Cumbre tienen tanta validez en la actualidad como hace dos décadas.

Sin embargo, la parte más importante de la Agenda 21 de Río de Janeiro en lo relacionado con el agua fue la mira puesta en la necesidad de administrar el agua de una manera más integrada. Esto no sólo implicaba reunir a los diferentes sectores de usuarios, sino también admitir que fuentes de agua aparentemente distintas (ríos, lagos y agua subterránea) estaban vinculadas entre sí a través del ciclo del agua, y que el desarrollo socioeconómico, ya se trate de la expansión de los servicios urbanos o del crecimiento de nuevas industrias, podría tener un impacto considerable en los recursos hídricos y únicamente podría prosperar a largo plazo si estaba acompañado de una gestión eficaz de los recursos hídricos.

La escasez generalizada de los recursos de agua dulce, su destrucción gradual y su creciente contaminación, así como la implantación progresiva de actividades incompatibles en muchas regiones del mundo, exigen una planificación y gestión integradas de los recursos hídricos. Dicha integración ha de abarcar todos los tipos de masas interrelacionadas de agua dulce, tanto las aguas superficiales como las subterráneas, y ha de tener debidamente en cuenta los aspectos de la cantidad y calidad del agua. Debe reconocerse el carácter multisectorial del aprovechamiento de los recursos hídricos en el contexto del desarrollo socioeconómico, así como la utilización de esos recursos para fines múltiples como el abastecimiento de agua y el saneamiento, la agricultura, la industria, el desarrollo urbano, la generación de energía hidroeléctrica, la pesca en aguas interiores, el transporte, las actividades recreativas, la ordenación de las tierras bajas y las planicies y otras actividades. Los sistemas racionales de utilización del agua para el

## **Cuadro 9: Programa de Acción Propuesto para Controlar los Impactos del Cambio Climático en los Recursos Hídricos (Extraído de la Agenda 21)**

### **G. Repercusiones del cambio climático en los recursos hídricos**

#### **Bases para la acción**

18.82 Los pronósticos sobre cambio climático a nivel mundial son inciertos. Aunque la incertidumbre aumenta mucho en el plano regional, nacional y local, es a nivel nacional donde habría que tomar las decisiones más importantes. Mayores temperaturas y menores precipitaciones causarían la disminución del abastecimiento de agua y el aumento de su demanda; podrían deteriorar la calidad de las masas de agua dulce, lo cual afectaría el ya frágil equilibrio entre la oferta y la demanda en muchos países. Aún cuando la precipitación aumentara en algunos lugares, no hay garantía alguna de que tal cosa ocurra en la época del año en que pudiera aprovecharse; además, podrían incrementar las inundaciones. Toda elevación del nivel del mar a menudo genera la intrusión salina en los estuarios, islotes y acuíferos costeros y anega las zonas del litoral de bajo nivel; ello somete a un gran riesgo a los países de baja altitud.

18.83 La Declaración Ministerial de la Segunda Conferencia Mundial sobre el Clima enuncia que "el posible impacto de ese cambio climático puede representar una amenaza ambiental de una magnitud desconocida hasta ahora, y puede incluso amenazar la supervivencia en algunos pequeños estados insulares y en zonas costeras bajas, áridas y semiáridas". El aumento de la incidencia de situaciones extremas, tales como inundaciones y sequías, causaría una mayor frecuencia y gravedad de las catástrofes. La Conferencia, por tanto, instó a que se intensificaran la investigación y los programas de vigilancia necesarios, y se intercambiasen los datos y la información pertinentes en los planos nacional, regional e internacional.

#### **Objetivos**

18.84 La índole misma de este tema exige ante todo más información sobre el particular y mayor comprensión de la amenaza que se enfrenta. El tema podrá traducirse en los objetivos siguientes, en consonancia con la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático:

- (a) Comprender y cuantificar la amenaza de las repercusiones del cambio climático en los recursos de agua dulce;
- (b) Facilitar la adopción de medidas nacionales eficaces de prevención, siempre y cuando la amenaza de las repercusiones se considere lo suficientemente confirmada como para justificar tal iniciativa;
- (c) Estudiar los posibles efectos del cambio climático en las zonas propensas a sequías e inundaciones.

#### **Actividades**

18.85 Todos los Estados, según la capacidad y los recursos de que dispongan y mediante la cooperación bilateral o multilateral, incluidas, según proceda, las Naciones Unidas y otras organizaciones competentes, podrían ejecutar las actividades siguientes:

### **Cuadro 9: Programa de Acción Propuesto para Controlar los Impactos del Cambio Climático en los Recursos Hídricos (Extraído de la Agenda 21), continuación.**

- (a) Vigilar el régimen hidrológico, incluida la humedad del suelo, el balance del agua subterránea, la penetración y transpiración, la calidad del agua y los factores climáticos conexos, especialmente en las regiones y los países que más probablemente padezcan los efectos negativos de los cambios del clima y donde deberían indicarse las localidades vulnerables a esos efectos;
- (b) Desarrollar y aplicar técnicas y metodologías para evaluar los posibles efectos negativos del cambio climático, debido a modificaciones en la temperatura, las precipitaciones y la elevación del nivel del mar, sobre los recursos de agua dulce y el riesgo de inundación;
- (c) Iniciar estudios de casos para determinar si hay relación entre el cambio climático y los actuales casos de sequía y de inundaciones en determinadas regiones;
- (d) Evaluar las consecuencias sociales, económicas y ambientales que pueden producirse;
- (e) Formular y aplicar estrategias para responder a los efectos negativos que se individualicen, entre ellos los cambios del nivel de las aguas subterráneas, y mitigar la intrusión salina en los acuíferos;
- (f) Desarrollar actividades agrícolas basadas en el uso de aguas salobres;
- (g) Contribuir a las actividades de investigación en curso dentro del marco de los actuales programas internacionales.

*Fuente: Naciones Unidas, Agenda 21, Programa de Acción de Naciones Unidas, Cumbre de la Tierra, 1992, [http://www.un.org/esa/dsd/agenda21\\_spanish/res\\_agenda21\\_18.shtml](http://www.un.org/esa/dsd/agenda21_spanish/res_agenda21_18.shtml)*

aprovechamiento de las fuentes de suministro de agua, sean superficiales, subterráneas, u otras posibles, deben estar apoyados por medidas concomitantes encaminadas a conservar el agua y reducir al mínimo el derroche.<sup>50</sup>

A pesar de que en algunos círculos se ponen objeciones al concepto de la GIRH, lo que a veces deriva en un debate doctrinario, tres de sus rasgos principales hacen que aún se considere el mejor programa para combatir los peligros que el cambio climático planteará al mundo del agua:

- Reconoce la naturaleza holística del ciclo del agua y explicita que su objetivo es que la gran variedad de sectores que utilizan el agua, influyen en el agua o son influidos por ella participen de manera integrada. Esto garantiza que los planes de un sector no perjudiquen, a través del agua, las actividades de otro.

<sup>50</sup>Agenda 21, 18.3.

- Reconoce que el establecimiento de instituciones eficaces es esencial para que los conflictos y las concesiones entre las diferentes actividades e intereses se gestionen de manera equitativa y exitosa.
- Es inherentemente adaptativa. La GIRH admite que los planes sobre la gestión del agua deben cambiar en la medida que los otros sectores de la sociedad también cambian y que no existen recetas que puedan aplicarse una vez y para siempre.

### *La GIRH en la práctica*

Los principios de la GIRH se alinean claramente con aquellos desafíos en la gestión del agua que el cambio climático va a agravar. Pero ¿qué significa esto en la práctica? ¿De qué manera pueden las prácticas y políticas de la gestión del agua alinearse para ayudar a que las comunidades, los ecosistemas y el medio ambiente se adapten al cambio climático? ¿Qué se necesita para lograr esto?

### *La institucionalización de la adaptación*

El objetivo principal debe ser garantizar que los marcos institucionales para la gestión del agua funcionen de manera eficaz. Las prácticas y políticas relacionadas con el problema hídrico deben tener como meta desarrollar las instituciones, la información y la capacidad para predecir, planificar y afrontar la variedad climática estacional e interanual como parte de la estrategia para adaptarse al cambio climático en el largo plazo. Estas instituciones deben ser capaces de facilitar procesos de cambios sociales y económicos que supongan compensaciones significativas.

En este contexto, las instituciones no son sólo organizaciones formales; de hecho, sería conveniente que las organizaciones formales emergieran después de que se den a conocer los problemas y las funciones principales de las que hay que ocuparse. Las instituciones deberían tener un alcance más amplio. Pueden, por ejemplo, incluir la coordinación informal de actividades, la recopilación y el ordenamiento de información, el establecimiento de normas a través de la legislación o la cooperación, y el control y la reglamentación del cumplimiento de estas normas. Todas estas actividades son importantes y pueden ponerse en marcha en distintos niveles, aun cuando no existan organizaciones formales. Es más probable que las buenas prácticas de gestión desarrolladas en comunidades de usuarios sean más sostenibles, que las reglas impuestas desde fuera por organizaciones formales.

Para alcanzar las metas relacionadas con el desarrollo y la seguridad hídricas,

### **Cuadro 10: El agua en la agenda climática: un estudio de caso en Asia Central**

La región central de Asia ocupa una zona árida y semiárida que sufrió la falta natural de agua durante miles de años. Más de la mitad de la región está cubierta por los desiertos de Karakum, Kyzyl Kum y Muyunkum. En esa región también se encuentra el Mar Aral, uno de los desastres ecológicos relacionados con el agua más famoso del mundo.

La competencia que existe entre la sociedad y la naturaleza – entre las necesidades ambientales y la demanda de agua debido al aumento de la población – ya constituye un problema grave, aún antes de tener en cuenta los efectos posibles del cambio climático. Por esto, se considera que el cambio climático es capaz de detener el futuro desarrollo económico de la región y de perjudicar la ecología del lugar y el bienestar de los pueblos que lo habitan.

Se supone que el principal impacto que el cambio climático tendrá en Asia Central será la reducción de la disponibilidad de los recursos hídricos renovables. Para adaptarse a esta situación, será necesario implementar cambios significativos en el consumo de agua. Dado que el sector agrícola es el mayor consumidor de agua (alrededor del 85% de los recursos hídricos de la región se utilizan para el riego), resulta urgente determinar qué cantidad de agua se necesita para irrigar de acuerdo con los nuevos regímenes de temperatura y aridez, así como plantear adaptaciones en la mezcla de cultivos y en medidas para ahorrar el agua que se destina a la agricultura.

Algunos opinan que los cambios climáticos se dan de manera gradual y que no hay necesidad de preocuparse (“Nos adaptaremos con el tiempo”, dicen). Pero las decisiones que se toman con respecto a la gestión y al desarrollo de los recursos hídricos suelen ser a muy largo plazo, y los resultados se ven recién después de diez o veinte años. Esto significa que es necesario tomar las medidas de adaptación hoy mismo. Los encargados de elaborar políticas y planes, y los encargados de la gestión del agua están considerando una serie de medidas:

- A corto plazo, destinadas al usuario final (el agricultor) con el fin de combatir las sequías mediante la implementación de cambios en los patrones de cultivo, de prácticas que permitan el ahorro de agua, etcétera.
- A largo plazo, de alcance nacional y regional, con el fin de promover la redistribución y el uso racional del agua. Estas medidas incluyen nuevas normas relacionadas con la seguridad alimentaria y los requisitos hídricos.

No obstante, todavía faltan medidas urgentes:

- Crear conciencia pública sobre los posibles cambios climáticos y su influencia.
- Demostrar que existen maneras posibles de superar esta situación.
- Determinar la dirección principal que llevarán las medidas futuras.

### **Cuadro 10: El agua en la agenda climática: un estudio de caso en Asia Central, continuación.**

Existen elementos claves de la conciencia pública que aún deben crearse. Por ejemplo:

- Asia Central es una zona con escasez de agua.
- El agua, que es la base del bienestar, es el sistema más vulnerable al cambio climático.
- Dado que el agua es la base de la salud, habrá nuevas exigencias en los parámetros de calidad del agua.
- Es muy importante conocer el grado de escasez absoluto del agua, y aun más importante comprender las fluctuaciones que pueden darse con respecto a su disponibilidad.

Algunos países de Asia Central se preparan para el cambio climático mediante la participación en proyectos de inversión, de acuerdo con el marco del Mecanismo de Desarrollo Limpio del Protocolo de Kyoto.

Por ejemplo, el gobierno de Uzbekistán designó a su Ministerio de Economía como el organismo nacional para el Mecanismo de Desarrollo Limpio y aprobó un Estatuto especial para el desarrollo y la implementación de sus proyectos de inversión. De acuerdo con el Estatuto, los proyectos que deseen implementarse deben ceñirse a los siguientes criterios nacionales de desarrollo sostenible:

#### **Económicos:**

- Reducir el consumo de energía y de materias primas por unidad de producción.
- Mejorar la eficiencia de la producción o de la utilización de los recursos naturales mediante el empleo de tecnología de vanguardia.
- Facilitar el desarrollo del sector privado en la República de Uzbekistán.

#### **Ambientales:**

- Promover la conservación del medio ambiente y prevenir su degradación.
- Minimizar el consumo de materias primas naturales y la producción de desechos.
- Introducir tecnología destinada principalmente al reciclaje de materias primas y/o a la utilización de recursos naturales renovables.
- Mitigar los efectos negativos en el medio ambiente.

#### **Sociales:**

- Fomentar el crecimiento del empleo y del ingreso real de la población.
- Mejorar la salud del personal que participa en la puesta en práctica del proyecto y de la población del lugar donde se esté llevando a cabo tal proyecto.
- Crear una mayor conciencia en la población acerca de los temas relacionados con la gestión de los recursos naturales.

tanto los usuarios como los administradores de recursos deben comprometerse a interactuar entre sí, lo que aumentará su capacidad para hacer frente a la incertidumbre y a los desafíos que vayan surgiendo. Uno de los requisitos esenciales para lograr una buena gestión del agua es garantizar que todos los usuarios conozcan los desafíos relacionados con el agua que los afectan, como también las diferentes medidas que pueden ayudarlos a adaptarse. Además, esto asegura que los problemas hídricos sean tenidos en cuenta en estrategias de desarrollo y cambio climático más amplias.

Uno de los retos del que deben ocuparse las instituciones a cargo de los recursos hídricos, en especial en aquellos países cuya dotación de agua es limitada, es el de lograr un equilibrio entre los distintos usos del agua. El más urgente y problemático tal vez sea el que debe lograrse, por una parte, entre la seguridad que ofrece aumentar la capacidad de almacenamiento para hacer frente a inundaciones y a la escasez de caudal y, por otro, el impacto que los proyectos de construcción pueda causar a los residentes del área en cuestión.

Aumentar la capacidad de almacenamiento de agua puede traer beneficios enormes a la sociedad; sin embargo, el impacto que esto puede causar en los medios de subsistencia, las estructuras sociales y el medio ambiente es devastador. En muchos países, existe la necesidad de alcanzar un equilibrio igualmente complejo entre los requerimientos de la agricultura, que a menudo sostiene directamente a la mayoría de la población, y los de la economía urbana, que genera riqueza, aunque de manera inequitativa.

El diseño de mecanismos que determinen qué es lo que le corresponde a cada parte, ya sea en tiempos de bonanza o de escasez, constituye básicamente un problema político que necesita de instituciones fuertes para lograr resultados que conformen a todos los involucrados. Y, dado que la demanda de agua crece y tensa cada vez más los límites de lo que puede proveerse y lo que no, habría que tomar decisiones para alcanzar el equilibrio entre la protección del medio ambiente y de los medios de subsistencia que dependen de él, y las necesidades de otras actividades económicas y sociales.

Dado que el agua influye en casi todos los aspectos de la vida económica y social, y fundamentalmente en el medio ambiente, cualquier cambio que se produzca en el patrón de gestión y uso del agua afectará a una diversidad de partes interesadas. A pesar de que el objetivo siempre será hallar sinergias beneficiosas para todos los implicados, es muy probable que haya que hacer concesiones, y es necesario institucionalizar los procesos mediante los cuales se llegue a esos acuerdos.

### ***Inversión – dura y blanda***

Un elemento importante en los enfoques para la gestión de recursos hídricos que han evolucionado durante las últimas décadas es el reconocimiento de que las soluciones de ingeniería, a pesar de ser cruciales y conformar una parte integral de cualquier plan futuro, no resuelven por sí solas los problemas hídricos del mundo. Hay una serie de problemas políticos, económicos y sociales que requieren atención, y una variedad de instrumentos institucionales "blandos" que pueden utilizarse para complementar soluciones de infraestructura "duras".<sup>51</sup>

La GIRH promueve estrategias tanto de infraestructura, también llamadas "duras", como institucionales, o "blandas". De hecho, la combinación juiciosa de estrategias duras y blandas es lo que ofrece a los países la mejor oportunidad de hacer frente exitosamente al cambio y a la variabilidad climáticas.<sup>52</sup>

### ***Opciones "Duras"***

Una de las maneras de afrontar el impacto que la variabilidad climática tiene en los recursos hídricos es a través de las opciones "duras" para recolectar y controlar el agua. Estas opciones incluyen desde represas a gran escala, hasta estructuras domiciliarias para la recolección del agua.

Entre otras importantes obras hidráulicas, podemos mencionar los canales, los túneles y las cañerías, que no solamente satisfacen la demanda de las población en forma directa, sino que crean, aunque no resulte tan evidente, sistemas vinculados entre sí, los que gracias a la multiplicidad de sus fuentes, resultan menos variables, más flexibles y, por ende, ofrecen un suministro más seguro. Del mismo modo, los sistemas sólidos de drenajes pluviales y de tratamiento de aguas contribuyen a la continuidad de las actividades de la comunidad y la protección de la salud pública durante fenómenos meteorológicos extremos, a la vez que la reutilización de agua reduce la demanda.

### ***Opciones "Blandas"***

En casos de variabilidad y fenómenos meteorológicos extremos, los recursos de los responsables de la gestión del agua no se limitan a la infraestructura. Los mecanismos institucionales son igualmente importantes, ya que ayudan a afrontar la variabilidad climática, a alcanzar objetivos de suministro de agua

<sup>51</sup>Asociación Mundial para el Agua (*Global Water Partnership, GWP*): "Invirtiendo en infraestructura: El valor de un enfoque de la GIRH" (*Investing in infrastructure: The value of an IWRM approach*), en el Informe sobre Políticas N° 7 del Comité Técnico de la Asociación Mundial para el Agua (GWP-TEC Policy Brief 7), (Estocolmo: GWP, 2009).

<sup>52</sup>Ibid.

para la población, las industrias y los cultivos; y a proteger a las comunidades de las inundaciones al mismo tiempo que preservan los ecosistemas. Estas herramientas "blandas" no sólo atienden la demanda, sino que generan un aumento de la disponibilidad mediante la asignación, la conservación y la eficacia en el uso del agua, y la planificación territorial.

Estas herramientas "blandas" suelen ser más económicas y posiblemente más efectivas que las de infraestructura, y no hay duda de que pueden complementarla para garantizar que funcione de manera eficaz. Entonces, cuando la intención es solucionar la potencial escasez de agua, se debería prestar igual atención a la demanda como al aumento de la oferta, introduciendo tecnologías más eficaces y simplemente promoviendo una cultura de conservación. Esto puede ser particularmente importante en áreas donde la disponibilidad general de agua va en disminución.

En muchos países, esto ya se lleva a cabo de manera rudimentaria. Por ejemplo, se aplican restricciones planificadas de agua a la actividad agrícola durante la época de sequía, cuando el suministro es limitado. Las intervenciones técnicas específicas, como los programas para la reducción de fugas en las redes de asignación municipal, no sólo se solventan a sí mismas gracias al ahorro de agua, sino que también ofrecen un ahorro directo de energía, lo que ayuda a mitigar el cambio climático.

La gestión de la demanda para alentar el uso eficiente del agua también puede resultar muy beneficiosa. Las familias de clases acomodadas pueden reducir sustancialmente el consumo, y así los agricultores pueden obtener "más cultivos por gota de agua"; por su parte, los industriales suelen alcanzar una mayor producción por unidad de agua cuando se los somete a una presión regulatoria, y pueden trasladar los procesos que requieren consumos intensivos hacia zonas donde el agua abunda. Los incentivos para que los usuarios intercambien sus asignaciones de agua actuales, ya sea mediante sistemas administrativos o "negociaciones", pueden redundar en un uso más eficiente del agua, aunque es necesario controlar cuidadosamente el impacto social que esto puede generar.

A una escala mayor, el sistema de intercambio internacional tiene una influencia sustancial – tanto positiva como negativa – en el uso del agua que debe entenderse y tomarse en cuenta. En este contexto, como ya mencionamos anteriormente, la promoción del uso de biocombustibles como fuente de energía podría agravar dramáticamente el peligro de la escasez de agua si no

se planifica o regula de la manera adecuada.

Además de la gestión directa del agua, los instrumentos institucionales, como la planificación territorial, pueden reducir sustancialmente la vulnerabilidad de las comunidades frente a desastres naturales relacionados con el agua, si cuentan con datos confiables sobre inundaciones. Esto demuestra que a menudo existe la posibilidad de elegir entre una serie de instrumentos “blandos” y “duros”, que pueden aplicarse para mejorar la capacidad de recuperación o resiliencia. Por lo tanto, esta resiliencia ante las inundaciones puede lograrse construyendo infraestructura de protección o a través de planes que restrinjan los asentamientos en áreas vulnerables.

La planificación urbana también contribuye a su manera. A pesar de que se cree que constituye un problema ambiental, la urbanización rápida también brinda beneficios al medio ambiente. Por ejemplo, la demanda de agua doméstica suele ser menor en áreas densamente pobladas que en las que tienen pocos habitantes. Esto se debe a que no se usa tanta agua para regar los jardines. La planificación y construcción de ciudades compactas puede llegar a ser uno de los medios más eficaces para frenar la demanda de agua doméstica.

### *Equilibrio y secuencia*

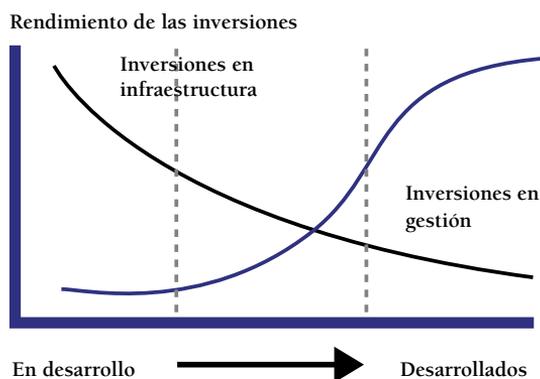
Prácticamente en todas las circunstancias, la seguridad hídrica requerirá una combinación de inversiones, tanto en opciones “duras” (de infraestructura) como “blandas” (institucionales). La combinación correcta incluirá varios factores hidrológicos, económicos, sociopolíticos y ambientales. Desde siempre, cuando la infraestructura hidráulica es insuficiente, las inversiones en este terreno (de infraestructura natural o construída) suelen obtener rendimientos relativamente más altos. Las inversiones en capacidad de gestión y en instituciones y operaciones de infraestructura adquieren una importancia cada vez mayor a medida que la infraestructura se vuelve más grande y sofisticada (véase la Figura 6).<sup>53</sup>

El aumento de la intensidad de las sequías e inundaciones severas lleva a pensar que el cambio climático aumentará el retorno a las inversiones en infraestructura que permitan a los responsables de la gestión del agua controlar, almacenar y proveer agua en situaciones de mayor urgencia. Por otro lado, el aumento de la variabilidad e incertidumbre hidrológica indica que el valor de la información y de las instituciones de gestión flexibles al cambio se va a

---

<sup>53</sup>David Grey y Claudia W. Sadoff: “Agua para el Crecimiento y el Desarrollo” (*Water for Growth and Development*), en “Documentos Temáticos del IV Foro Mundial del Agua” (*Thematic Documents of the IV World Water Forum*). (Ciudad de México: Comisión Nacional del Agua, 2006).

Figura 6. Equilibrio y secuencia de inversiones en gestión e infraestructura del agua



Fuente: Banco Mundial, “Estrategia de Asistencia para los Recursos Hídricos de China” (China Country Water Resources Assistance Strategy), 2002.

incrementar significativamente.

Se deberían introducir distintos elementos en una secuencia adecuada. No se pueden introducir nuevos sistemas de asignación antes de que el agua adicional que va a ser asignada esté disponible, quizá a través de la construcción de lugares de almacenamiento. Pero antes de que esto suceda, se debe tener información suficiente sobre el recurso para permitir el diseño de un almacenamiento sostenible y eficaz. También será necesario que la secuencia y la combinación adecuadas reflejen el desafío que esto trae aparejado: el de lograr el equilibrio correcto entre equidad, eficacia económica y sostenibilidad ambiental.

### *Diseño de infraestructura e información*

Existe el peligro real de que la generación actual de inversiones en infraestructura no resista los desafíos futuros. Hay pruebas que indican que parte de la infraestructura existente dejará de ser viable y deberá ser rediseñada o quedará fuera de servicio. En los sitios donde las precipitaciones han disminuido considerablemente, es probable que los reservorios para el riego y las represas hidroeléctricas ya no puedan proveer el mismo volumen de agua – y, por ende, impartir los beneficios – para el que fueron concebidos y diseñados. Por otro lado, si la precipitación aumenta de manera significativa, la infraestructura corre el riesgo de verse desbordada, lo que puede provocar que las tuberías estallen y los reservorios rebalsen. Un problema a más largo plazo es que los parámetros de diseño actuales no sirven para condiciones futuras.

Los parámetros de diseño hidrológico deben reflejar el riesgo de una variabilidad inducida por el cambio climático. Para progresar en este aspecto, se debe rehabilitar la infraestructura de monitoreo hidrológico, recuperar la información existente y recabar otra nueva. Si no se hace el intento de reconstruir los sistemas básicos que brindan información sobre los recursos hídricos, existe el peligro de que las nuevas presas no aporten la energía o la cantidad de agua esperadas y que las nuevas asignaciones hídricas resulten "secas".

Además del desafío inmediato y evidente de brindar información que garantice el correcto diseño de la infraestructura, el desafío más grande es controlar las tendencias de uso y la disponibilidad del agua. El éxito de la adaptación depende del aumento de la eficacia en el uso del agua para la agricultura; por esto, se debe monitorear tanto el uso del agua como la producción agrícola. Si la preocupación reside en el impacto que las aguas residuales puedan tener sobre la calidad de los ríos, es necesario controlar la expansión y el desempeño de las instalaciones para el tratamiento de agua y revisar la calidad de los ríos en forma continua.

En la actualidad, el monitoreo se realiza de manera dispereja y suele concentrarse únicamente en los puntos más conflictivos; por lo tanto, resulta difícil establecer tendencias antes de que se produzca una crisis. Para resolver este vacío, es necesario tomar medidas sistemáticas. En un primer intento, la División de Estadísticas de Naciones Unidas está alentando a los países a "llevar la contabilidad" del agua, como parte de sus sistemas contables nacionales. La División de Estadísticas de Naciones Unidas señala:

Sólo se podrán diseñar políticas integradas de manera informada si se integra la información acerca de economía, hidrología, otros recursos naturales y aspectos sociales. Los encargados de elaborar políticas que tomen decisiones con respecto al tema hídrico deben ser conscientes de las probables consecuencias en el plano de la economía. Las decisiones sobre el desarrollo de industrias que utilizan recursos hídricos en forma intensiva, ya sea como parte del proceso de producción o para la descarga de aguas residuales, deben tener conocimiento de las consecuencias a largo plazo sobre los recursos hídricos y el medio ambiente en general.<sup>54</sup>

---

<sup>54</sup>División de Estadísticas de Naciones Unidas (UNSD, *United Nations Statistics Division*): "Sistema para una Contabilidad Económica y Ambiental del Agua" (*System of Environmental-Economic Accounting for Water*), versión final, Nueva York, 2009.

### *Toma de medidas en todos los ámbitos*

Uno de los desafíos de la gestión de recursos hídricos es la aplicación de las medidas correctas en los niveles correspondientes. A nivel de proyectos, las inversiones en el terreno hídrico deberían apuntar a la capacidad de recuperación ante el cambio climático. A nivel de la comunidad, el objetivo de las intervenciones debería procurar la disminución de la vulnerabilidad social, económica y ambiental frente al clima. Una planificación de la economía amplia debería considerar los cambios climáticos y las consecuencias que estos cambios podrían tener en espacios o sectores específicos. A nivel global, se deberá impulsar la adaptación con respecto al comercio de productos que necesitan gran cantidad de agua para su elaboración (comercio de agua virtual) y de las transferencias de tecnología específicas.

Los impactos de la variabilidad, agravados por el cambio climático, se sienten en ámbitos distintos y deben tratarse de maneras distintas. Cada agricultor debe tomar la decisión sobre cuál es el cultivo que va a plantar y cuándo lo hará. Y para esto necesita información. Las empresas proveedoras de energía necesitan saber dónde obtendrán sus suministros para poder planificar de manera acorde. Y los residentes urbanos exigirán que las decisiones que se tomen en su nombre garanticen un suministro confiable, capaz de abastecer los objetivos domésticos y comerciales. Idealmente, los procesos eficaces para la toma de decisiones serán inherentes a las instituciones que se establezcan para la gestión del agua.

Los impactos del cambio climático varían muchísimo según el ámbito en cuestión. Esto significa que es imposible que exista una recomendación única.

### *Aun así, las concesiones son inevitables*

La dura realidad indica que el cambio climático obligará a que se hagan muchas concesiones. Como quedó claro en la descripción de la interacción entre el agua y el cambio climático que dimos anteriormente, no existen soluciones rápidas para los individuos, las sociedades o las comunidades que pretendan adaptarse al futuro incierto que el cambio climático nos depara.

Ya sea restringiendo el uso doméstico del agua para reducir la contaminación de ríos ya castigados; utilizando el agua de los humedales o reduciendo la producción hidroeléctrica para aumentar la confiabilidad y la sostenibilidad de los suministros de agua urbanos, se deberán tomar decisiones difíciles (véase el Cuadro 11).

**Cuadro 11: Concesiones difíciles: El caso del río Kavango, en África del Sur**

Se supone que la reducción del caudal del río Kavango provocada por el cambio climático, será mucho mayor que la que pudiera lograrse con cualquiera de las propuestas actuales para el uso alternativo de las aguas de este río, que es poco probable que exceda el 5% de su caudal actual. Para los encargados de elaborar políticas, el desafío consiste en decidir si se oponen a cualquier nueva extracción de agua, basándose en que el humedal del delta del Okavango se encuentra amenazado, o si admiten que el cambio es inexorable y permiten que se le dé algún uso humano adicional como parte de la adaptación a los cambios que se producen en el medio ambiente.

Sin bien los humedales absorben los contaminantes y moderan el caudal de las inundaciones, estos servicios de los ecosistemas pueden traer aparejados costos de oportunidad significativos. En el clima árido de Botswana, todo el caudal de un río de un tamaño similar al Orange se destina exclusivamente a sostener el ecosistema. El agua que ingresa al delta del Okavango simplemente se evapora, mientras que el Orange logra abastecer gran parte de la economía de Sudáfrica y, aun así, queda resto para sostener la agricultura ribereña y el humedal que se encuentra en su desembocadura.

Dado que el Okavango se encuentra en la lista Ramsar y por su importancia como atracción turística para Botswana, la oposición a las propuestas de Namibia de aprovechar una pequeña proporción (2%) del caudal anual del Kavango para uso agrícola y humano fue enérgica. También existe la preocupación de que se explote el potencial agrícola e hidroeléctrico en el escasamente poblado sector angoleño de la cuenca del río, que es de donde proviene la mayor parte del agua. Sin embargo, estudios recientes sugieren que: “Se supone que la implementación de todos los proyectos formales de riego que se mencionan en informes públicos reducirán el caudal anual en un 2%”. No obstante, el informe afirma que: “Los impactos simulados del cambio climático son considerablemente mayores que los que se observan en situaciones de desarrollo”, ya que se proyecta una reducción del caudal anual de hasta un 26% para el periodo 2070-2099.<sup>55</sup>

Al estar en una región naturalmente árida, Namibia enfrentará penurias si el cambio climático reduce las precipitaciones que se producen en la región, tal como se predice, y se deberán realizar ciertos ajustes entre las necesidades de la población y las del ecosistema de humedal del Okavango, que, de todas maneras, terminará “encogiéndose”. Lo correcto sería que los tres países – Namibia, Botswana y Angola – compartieran el peso del problema y permitieran alguna extracción, aun corriendo el riesgo de que el humedal sufra una limitada reducción adicional de tamaño. Será necesario implementar un mecanismo institucional para facilitar este proceso, pero sólo se logrará el cometido si se admite que a nadie le corresponde el uso sacrosanto del agua en particular – ya sea por razones ambientales, sociales o económicas – y se acepta el hecho de que las concesiones serán necesarias.

<sup>55</sup>Lotta Andersson, Julie Wilk, Martin C. Todd, Denis A. Hughes, Anton Earle, Dominic Kniveton, Russel Layberry y Hubert H.G. Savenije: “Impacto del cambio climático y de las situaciones de desarrollo en los patrones de caudal del río Okavango” (*Impact of climate change and development scenarios on flow patterns in the Okavango River*), en *Journal of Hydrology*, volumen 331, números 1-2, 30 de noviembre de 2006, páginas 43 a 57.

### 3.3 Adecuación de la GIRH para la adaptación

El cambio climático va a exigir que se reexaminen los enfoques actuales relacionados con la gestión del agua y con el diseño de varios de los componentes de los asentamientos urbanos y de la infraestructura económica y social en general. En este contexto, puede resultar valioso lo aprendido en experiencias pasadas y también en áreas que estén sufriendo condiciones extremas en la actualidad. A pesar de que la gestión del agua siempre depende de los contextos locales, existen distintas áreas que claramente requieren un esfuerzo y una atención creciente y renovada de parte de todos los países.

#### *Gestión de riesgos de desastre*

Para lograr respuestas inteligentes y amplias, se necesita la comprensión sistemática de los impactos y riesgos potenciales del cambio climático, como también saber cuál sería la aplicación de estas respuestas en situaciones específicas. Para esto, habría que unir la pericia de los hidrólogos y los ingenieros, con la de los encargados de gestión de riesgos en el campo de las compañías de seguros, los especialistas en gestión de desastres y en planificación regional. A pesar de que esto ha comenzado a suceder en algunas áreas, los países y las agencias especializadas deberán promover esta interacción de manera sistemática con el fin de poder identificar riesgos nuevos y cambiantes, profundizándolos según las probabilidades de que estos riesgos ocurran y de su posible impacto, y elaborando estrategias que ayuden a mitigarlos.

Un problema particular de los desafíos institucionales es la integración entre los sistemas de gestión de desastres y las instituciones que se encargan en forma más general de la gestión del agua. Las instituciones especializadas en la gestión de desastres saben cómo manejar situaciones extremas. Este conocimiento tendrá aplicaciones más amplias y generales dado que se supone que los fenómenos que antes resultaban extraordinarios ahora podrían ocurrir con mayor frecuencia.

En el proceso de adaptación, muchos de los desafíos serán tanto sociales como técnicos e institucionales. Si los políticos no se convencen de la naturaleza de los problemas futuros, no estarán dispuestos a destinar tiempos ni recursos para resolverlos. Es necesario modificar los comportamientos en el ámbito de la comunidad si el objetivo es prevenir las situaciones de riesgo ya identificadas. Algunas experiencias recientes en la gestión de inundaciones muy serias pusieron de manifiesto que la implementación temprana de tareas preventivas de gestión del desastre – con el fin de garantizar que las

## **Cuadro 12: Las lecciones que nos dejaron las inundaciones del milenio en Mozambique**

Las inundaciones que se produjeron en Mozambique en el año 2000 provocaron la muerte de más de 700 personas, dejaron sin hogar a decenas de miles de habitantes y destruyeron gran parte de la infraestructura económica. Sin embargo, y a pesar de que la inundación se produjo por una combinación extraordinaria de sucesos extremos, se lograron prevenir consecuencias mucho peores gracias a la cooperación entre las autoridades de gestión de desastres y los encargados de gestión del agua. Su trabajo en conjunto permitió predecir gran parte del impacto y tomar medidas para proteger a las poblaciones vulnerables.

El desafío que debieron enfrentar fue una combinación de cuestiones técnicas, sociales y políticas. Éstas son algunas de las conclusiones:

Una herramienta vital para predecir inundaciones en el corto plazo y de manera precisa es la modelación de sistemas ambientales, sustentados por datos terrestres y satelitales. Con excepción del Limpopo, ninguna de las cuencas hidrográficas del país poseía modelos calibrados. Una predicción precisa constituye un requisito previo, no sólo para otorgarle credibilidad a las advertencias que se le dan al público, sino para crear confianza en el sistema de alertas tempranas; y por lo tanto en los recursos que los políticos le asignaron.

*Fuente: “Gestión de las inundaciones en Mozambique” (Flood management in Mozambique), Hellmuth, M.E., Moorhead, A., Thomson, M.C. y Williams, J. (eds.), 2007. “Gestión del Riesgo Climático en África: Aprender de la Práctica” (Climate Risk Management in Africa: Learning from Practice). Instituto Internacional de Investigaciones para el Clima y la Sociedad (IRI, International Research Institute for Climate and Society), Universidad de Columbia, Nueva York, EE UU.*

comunidades sepan cuáles son los riesgos y cómo actuar ante situaciones extremas – marcó la diferencia entre el infortunio y la calamidad (véase el Cuadro 12).

### **Información y cooperación**

Como ya se dijo anteriormente, el manejo de la incertidumbre creciente y de la variabilidad hidrológica del sistema total traerá aparejado mayor cooperación e información en la gestión del agua en todos los niveles. En este contexto, se debe enfatizar cuán necesaria resulta la información.

Se pueden realizar estimaciones teóricas de sucesos posibles y patrones de frecuencia; sin embargo, es cada vez más importante monitorear las tendencias para que la incertidumbre disminuya y que las intervenciones resulten más eficaces.

En la actualidad, la información confiable sobre los usos del agua es escasa e incompleta. Por lo tanto, si bien las empresas de servicios públicos urbanos brindan información sobre los volúmenes que producen y distribuyen, no incluyen en esos números otras fuentes de agua (por ejemplo, los pozos y las perforaciones) que pueden resultar importantes para algunas comunidades urbanas. La estimación acerca del uso del agua con fines agrícolas suele hacerse sobre la base de investigaciones históricas, lo que hace difícil determinar los niveles de uso actuales y los cambios en la eficiencia. Aún más complejo es evaluar la calidad del agua, particularmente desde que, en varias jurisdicciones, los que contaminan se sienten propensos a no compartir la información, por miedo a que se les inicie una acción judicial.

El proceso de llevar “la contabilidad del agua” es un comienzo importante. Aunque sólo unos pocos países son capaces de reunir todos los datos sobre el uso del agua, las presiones cada vez mayores que impone el cambio climático ofrecen un incentivo más para seguir actuando en esta área. Además, ya nadie duda de que, para tener una idea precisa de la situación del agua en cada país, será necesario establecer y fortalecer sociedades entre los usuarios del agua y los encargados de su gestión.

### *La calidad del agua*

El cambio climático requerirá que se preste una mayor atención a la dinámica de la calidad del agua. El IPCC afirma que la cada vez más elevada temperatura del agua, y las sequías e inundaciones cada vez más intensas afectarán la calidad del agua y exacerbarán muchas formas de su contaminación. Esto será consecuencia, en parte, del simple hecho de que los ríos con menor caudal no tienen tanta capacidad para diluir y remover los contaminantes. Las inundaciones desplazarán el agua a través de territorios, recogiendo en su paso sedimentos, pesticidas, y elementos patógenos adicionales. La intrusión de agua salada es otro problema relacionado con la calidad del agua que se agravará con el cambio climático.

Es crucial comprender esta dinámica para evitar el daño a los ecosistemas, a la salud humana, y a la confiabilidad del sistema hídrico y a los costos operativos. Éste es otro aspecto en el que deberá reforzarse la capacidad de los encargados de la gestión de recursos hídricos.

### *Los derechos del agua y los mecanismos de asignación*

Dado el incremento de la impredecibilidad y de las situaciones extremas, los derechos del agua y los mecanismos de asignación son un área que exige un

análisis serio por parte de los encargados de elaborar políticas y de la gestión del agua. Por lo general, los derechos del agua y las asignaciones se basan en la disponibilidad hídrica histórica. Como el cambio climático hace que la disponibilidad de agua en el futuro difiera de la del pasado, es probable que los recursos no alcancen para satisfacer la asignación acordada. Puede ser que los derechos y los mecanismos del pasado ya no resulten viables. Habría que establecer o fortalecer sistemas de derechos del agua, de asignaciones y de mecanismos de resolución de conflictos para hacer frente a estas nuevas realidades. Será necesario desarrollar sistemas flexibles para responder a casos extremos de impredecibilidad y disponibilidad de agua.

A menudo, se sugiere que la fijación de precios y el intercambio es el mejor mecanismo para asignar agua entre usuarios que se encuentran en situaciones cambiantes; sin embargo, esto no tiene en cuenta la naturaleza de largo plazo de los usos del agua ni los desafíos que representa trasladar agua de un grupo de usuarios a otro (tampoco de las escasas oportunidades para hacerlo) con el fin de afrontar un problema de variabilidad de corto plazo. Durante la reciente sequía plurianual en la cuenca de Murray-Darling en Australia, el daño económico se limitó por el modo en que se priorizó el agua entre los usuarios en su sistema de asignación de agua.

En los países donde se supone que la disponibilidad del agua disminuirá con el cambio climático, un desafío especial será el de hallar los mecanismos para ajustar los derechos del agua ya existentes. Mientras que el intercambio puede resultar de cierta ayuda, lo más importante es que los sistemas de asignación del agua tomen conciencia de que funcionan en un ambiente en el cual la disponibilidad del agua va a variar, y de que es necesario fijar normas que permitan hacer frente a esos cambios.

La legislación del agua sudafricana hizo esto cuando decidió limitar el período de los permisos para el uso de agua a un máximo de cuarenta años. La legislación también prevé que la asignación de las cuencas en general se controle cada cinco años, de ser necesario.<sup>56</sup>

En los lugares donde no se prevé esta regularidad en los controles, es probable que se produzcan situaciones difíciles. Por lo tanto, en Australia se llegó al acuerdo de que, aun antes de considerar cualquier impacto producido por el cambio climático, se deben reducir las extracciones de agua para poder

---

<sup>56</sup>Gobierno de Sudáfrica, Ley Nacional de Aguas, 1998.

brindar la cantidad de agua necesaria para proteger el ecosistema. Ante la falta de otros mecanismos, los gobiernos federales y estatales se ven obligados a evaluar programas costosos para “readquirir” asignaciones y compensar a los usuarios por la pérdida de parte de su agua.

### *Cambios en el pensamiento acerca del almacenamiento, la transferencia y la reutilización del agua*

El cambio climático no sólo influirá sobre el volumen adecuado de agua a ser almacenada, sino también sobre el tipo de almacenamiento más apropiado (natural, artificial, pequeño, grande). Los debates acerca del almacenamiento tienden a limitarse a las presas a gran escala hechas por el hombre; sin embargo, hay una gran variedad de opciones. Entre estas opciones están las naturales, como el agua subterránea (recargada natural o artificialmente), los humedales y los lagos; y las hechas por el hombre en todas las escalas, como la recolección doméstica de agua de lluvia, los tanques comunitarios tradicionales, los vertederos, las presas pequeñas y los embalses a gran escala.

Además de los depósitos de agua naturales y construídos, se pueden construir mecanismos “virtuales” y “financieros” para “almacenar” los beneficios del agua. El almacenamiento de agua es, en esencia, una protección contra la pérdida de beneficios sufrida por la falta de disponibilidad de agua. Las reservas estratégicas de granos pueden considerarse almacenamiento de agua virtual, acumulada durante años con niveles altos de producción y redistribuída durante períodos de poca producción. Los planes de seguro para el cultivo y el clima pueden verse como mecanismos de almacenamiento financiero que aseguran los ingresos agrícolas a través de medios financieros, en vez de asegurar la producción agrícola mediante el fortalecimiento de la confiabilidad del riego (por ejemplo, tener control de mayores volúmenes de agua de riego). En los casos en que el almacenamiento de agua se requiera para hacer más confiable la entrega de productos que precisan gran cantidad de agua para su elaboración (ya sean agrícolas o manufacturados), el intercambio de estos productos o de “agua virtual” puede resultar una alternativa importante al almacenamiento de agua.

Las ventajas y desventajas comparativas de los diferentes tipos de almacenamiento cambiarán junto con el clima. Algunas opciones que en otros tiempos fueron innecesarias o poco deseables podrían convertirse en buenas opciones en poco tiempo. Las que fueron buenas opciones en el pasado podrían no serlo en el futuro. Es probable que se necesiten nuevos depósitos; algunos de los existentes quizá ya no sean viables. En ciertos casos, la infraestructura

podría modificarse para que se adapte al cambio en las condiciones (por ejemplo, suministrando captaciones de agua adicionales a niveles de embalses más bajos en represas hidroeléctricas o cambiando el modo en que se opera la infraestructura). En otros casos, la alternativa racional podría ser el retiro del servicio activo y, a la vez, la reutilización de las aguas residuales podría cobrar mayor importancia. En este nuevo contexto, es esencial revisar toda la variedad de opciones de infraestructura y también volver a evaluar los daños y los beneficios relativos.

También existe la posibilidad de transferir agua entre diferentes cuencas. Cuando la variabilidad y la presión sobre los recursos hídricos aumentan, la posibilidad de transferir agua de una cuenca a la otra puede resultar atractiva, en especial en lugares donde las demandas de las áreas urbanas y los sectores económicos importantes están creciendo rápidamente. China, por ejemplo, se lanzó a un trasvase monumental de agua desde la cuenca del río Yangtzé a la del Amarillo. Planes similares a éstos son objeto de debates intensos en países tan diferentes como India, Australia y España. Países como Sudáfrica, México y EE UU ya utilizan ampliamente estos trasvases.

Los trasvases permiten la distribución de agua desde un área hacia otra. No menos importante es que aumentan la confiabilidad de los suministros y, en consecuencia, la capacidad de recuperación de los sistemas, dado que las diferentes cuencas suelen tener diferentes patrones de variabilidad. Es probable que la contribución que significa el mejoramiento de la capacidad de recuperación haga que los trasvases entre cuencas se vuelvan más importantes en situaciones de cambio climático, siempre y cuando se logren encarar los desafíos ambientales que presenta su aplicación.

### *Maneras de evitar la fragmentación*

Dada la gran incertidumbre y los desafíos de la acción colectiva, ni la adaptación ni la gestión de recursos hídricos pueden considerarse proyectos “para una sola vez”. Se trata de establecer organizaciones dinámicas que tengan las herramientas y la capacidad de responder estratégica y eficazmente a circunstancias cambiantes. Para lograr esto, los encargados de gestión de las áreas afectadas, así como los encargados de diseñar políticas, deben comprometerse a lograr una comprensión común de estos problemas y el desarrollo de una respuesta adecuada a los mismos.

El agua es tan sólo uno de los factores del desarrollo económico y social; por esto, la gestión que se haga del agua debe estar ligada a una planificación más

general y a esfuerzos de desarrollo. En los países en los que se llevan a cabo procesos de planificación de desarrollo a nivel nacional, garantizar que los encargados de la gestión del agua se involucren efectivamente en el proceso resulta vital. Sin embargo, para que esto ocurra, también es importante que los encargados de diseñar políticas económicas y los que provienen de sectores clave en el uso del agua tomen conciencia de la necesidad de comprometerse con los problemas hídricos.<sup>57</sup>

Existe el peligro de que los esfuerzos en la gestión de recursos hídricos queden relegados si se centra la atención en la planificación para la adaptación. Por lo tanto, la recomendación de política general es que, a la vez que se concentran esfuerzos para identificar e iniciar estrategias de adaptación, estas estrategias deberían integrarse –y no ir en paralelo– con las tareas en curso de gestión de recursos hídricos. Ambas cosas deben incorporarse efectivamente dentro de las estrategias de desarrollo nacionales más generales, y se deberían evitar los procesos especiales, en particular en el contexto de esquemas de la ayuda para el desarrollo.<sup>58</sup>

---

<sup>57</sup>Mike Muller: “Cómo integrar la GIRH y las estrategias y los planes de desarrollo nacionales” (*How to integrate GIRH and national development plans and strategies*), en el Informe de Políticas N° 6 del Comité Técnico de GWP (*GWP-TEC Policy Brief 6*). (Estocolmo: Asociación Mundial para el Agua, 2008).

<sup>58</sup>Tom Mitchell, Simon Anderson y Saleemul Huq: “Principios para Brindar Financiamiento para la Adaptación” (*Principles for Delivering Adaptation Finance*), Instituto de Estudios para el Desarrollo (*Institute of Development Studies*), 2008.

## 4. FINANCIAMIENTO DE UNA GESTIÓN DE RECURSOS HÍDRICOS ADAPTATIVA

---



En todos los encuentros internacionales acerca del agua, desde el de Mar del Plata en 1977, se enfatizó la importancia de la gestión de los recursos hídricos; sin embargo, se reconoce que el financiamiento de esta actividad no recibe la atención que merece. Por eso, es difícil determinar qué asignaciones adicionales se necesitarán para fortalecer las actividades existentes en cuanto a la gestión de recursos hídricos para poder enfrentar los problemas del cambio climático, junto con otras presiones más urgentes que ya fueron señaladas.

El Grupo de Tarea “Financiamiento del Agua para Todos”, que fue establecida por el Consejo Mundial del Agua, la Asociación Mundial para el Agua (GWP, Global Water Partnership) y la Secretaria del IV Foro Mundial del Agua para preservar el impulso del Panel Camdessus, tomó principalmente en cuenta las necesidades financieras de la agricultura y de los gobiernos locales. Sin embargo, señalaron que:

La cuenca hidrográfica es la unidad de gestión de recursos espaciales como la tierra y el agua; además, permite tener una visión de todo el espectro de problemas relacionados con la gestión de recursos hídricos. Las conexiones y las sinergias entre estos aspectos diferentes se enfatizan en el enfoque de la Gestión Integrada de Recursos Hídricos (GIRH), la que está rápidamente ganando terreno entre los encargados de diseñar políticas. La elaboración de bases de datos, planes, y el fortalecimiento de la capacidad de coordinación que exige esta gestión, necesita de financiamiento. *Algunas de las funciones antes mencionadas son más sencillas de financiar que otras, y, para algunas de ellas (por ejemplo, la provisión de “bienes públicos”, como el control de las inundaciones y la recolección de datos) será necesario obtener financiamiento público. Los distintos componentes del agua que se destina a la agricultura deberían ser considerados integralmente, en lo que a financiamiento se refiere.*<sup>59</sup>

Asimismo, se informó que los acuerdos para desarrollar e implementar los planes de la GIRH, exigidos en el Plan de Acción de la Cumbre Mundial sobre el Desarrollo Sostenible de Johannesburgo, no han sido satisfactorios. Uno de

---

<sup>59</sup>Winpenny, 2003.

los desafíos clave que se trató en el encuentro es el financiamiento de las actividades propuestas. A la Comisión sobre el Desarrollo Sostenible (CSD 16) de 2008 se le recomendó que “los países deben establecer planes de acción y estrategias de financiamiento para implementar sus planes con el apoyo de agencias externas (incluida la ONU, los donantes y las ONG) que brindan apoyo a países, según lo requieran”.<sup>60</sup>

De estas fuentes emergen dos mensajes importantes: primero, que la integración del desarrollo y la gestión de recursos hídricos es una actividad importante; segundo, que sus respectivas necesidades de financiamiento y las estrategias financieras no han sido aún abordadas adecuadamente. En respuesta a estas falencias, y en parte instigadas por el desafío de comprometerse con los debates sobre políticas relacionadas con el cambio climático, se ha comenzado a trabajar en la identificación de las necesidades financieras y las fuentes de financiamiento adecuadas para la GIRH.

Esta falta histórica de atención para con las estrategias financieras destinadas a la gestión de recursos hídricos se debe, en gran parte, a que el interés general de la comunidad hídrica se centra en las prioridades más inmediatas y de corto plazo relacionadas con la pobreza, como el suministro de agua y de servicios sanitarios básicos y actividades financiables a través de bancos, como el suministro de agua industrial y energía hidroeléctrica.

En muchos países pobres, la capacidad para gestionar los recursos hídricos se vio afectada durante los años de ajuste estructural en los que se redujeron los gastos del sector público. A menudo, los aspectos más afectados fueron la gestión de recursos hídricos y las actividades hidrológicas, dado que las prioridades de corto plazo se centraban en los servicios sanitarios y el suministro de agua. Una consecuencia de esto es que muchos países no son ni siquiera capaces de controlar su propia variabilidad climática actual, no porque las estrategias necesarias sean imprecisas, sino porque carecen de los medios para implementar dichas estrategias. Estos países no entienden por qué deben preocuparse por el cambio climático del futuro cuando no cuentan con los medios para resolver las sequías de la actualidad.

Hasta la fecha, los debates internacionales que buscan respuestas eficaces al cambio climático se han inclinado marcadamente hacia la mitigación. Esto refleja que la prioridad más inmediata es la de tomar medidas para reducir el alcance del cambio provocado por el hombre. Dado que es muy factible que se produzca un cambio sustancial, se le brinda más atención a la adaptación.

---

<sup>60</sup>ONU-Agua: “Informe de la situación sobre la GIRH y los Planes sobre el Uso Eficiente del Agua para la Comisión sobre el Desarrollo Sostenible 16” (*Status Report on GIRH and Water Efficiency Plans for CSD16*), 2008.

**Cuadro 13: Los costos del cambio climático en las ciudades de África subsahariana**

Se estima que el costo de adaptar la infraestructura hídrica urbana existente en África oscila entre USD 1.050 millones y USD 2.650 millones por año:

Almacenamiento urbano de agua, entre USD 500 y 1.500 millones (inversión de capital) y entre USD 50 y 150 millones (equivalente anual)

Tratamiento de aguas residuales, entre USD 100 y 200 millones anuales  
Generación de electricidad, entre USD 900 y 2.300 millones anuales (Esto no incluye el costo de restaurar la infraestructura deficiente.)

Es probable que los costos de los nuevos emprendimientos también aumenten entre USD 990 millones y USD 2.550 millones anuales. En general, el costo marginal por unidad de desarrollo de recursos hídricos para suministrar agua en áreas urbanas aumenta a la par que lo hace el suministro. Por ende, sería conservador suponer que, en el caso de los nuevos emprendimientos, el costo de adaptación al cambio climático será similar al de los sistemas ya existentes:

Almacenamiento urbano de agua, entre USD 150 y 500 millones (inversión de capital) (Nuevos suministros de agua para 150 millones de personas), entre USD 15 y 50 millones (equivalente anual) Tratamiento de aguas residuales, entre USD 75 y 200 millones anuales (suponiendo que se atienda a 100 millones de personas adicionales) Generación de electricidad, entre USD 900 y 2300 millones anuales (suponiendo que se duplique la capacidad instalada)

El ciclo del agua impondrá muchos otros costos a las áreas urbanas. El impacto económico por la escasez de agua rural en áreas urbanas es especialmente difícil de determinar. Sin embargo, la migración urbana es un desafío de gestión para casi todas las ciudades africanas, y cualquier disminución en la producción rural tendrá sin dudas un impacto secundario en las economías urbanas.

También se producirán costos adicionales por la construcción de caminos y desagües pluviales, debido a la pérdida de la utilización de tierras amenazadas por las inundaciones, y también de protección adicional contra las inundaciones para asentamientos ya existentes. Éstos y otros efectos indirectos son específicos de cada lugar, y no es tan sencillo calcular el costo a nivel regional.

El tema de las inundaciones pone de manifiesto que el cambio climático puede no siempre resultar negativo, ya que la disponibilidad de tierra para asentamientos urbanos puede verse beneficiada por una reducción en la precipitación. Sin embargo, si aumentan la frecuencia y la intensidad de las tormentas, es posible que las líneas de inundación no sufran cambios significativos en un futuro más seco, el que contrarrestaría cualquier expansión posible de las áreas habitables.

*Fuente: Mike Muller: "Adaptación al cambio climático: Gestión del agua para la capacidad de recuperación urbana" (Adapting to climate change: Water management for urban resilience), en Environment and Urbanization 19, No. 1 (2007): páginas 99 a 113.*

Para enfrentar esto último, es necesario considerar el problema del financiamiento, que se hará sentir con mayor rigor en los países pobres que para empezar son menos resilientes. En particular, África y el sur de Asia sufrirán algunos de los cambios más extremos, y tendrán que afrontarlos con las capacidades comparativamente más débiles a nivel mundial. Aun cuando el alcance de los cambios climáticos sea similar, los países y las comunidades que cuenten con herramientas e instituciones para la gestión de recursos hídricos no sufrirán tanto el impacto como aquellos que carezcan de las mismas.

Por esta razón, es necesario movilizar recursos para financiar medidas de adaptación. Esto es aceptado por la mayoría, y ya hay acuerdos serios al respecto en curso. El panorama del financiamiento para planes de adaptación está cambiando rápidamente, y el objetivo de este trabajo no es hacer recomendaciones específicas sobre los procesos que se están llevando a cabo.

El debate sobre las fuentes potenciales de financiamiento debería sustentarse en una mejor comprensión de cómo habría que aplicar los fondos, un aspecto que suele ignorarse.<sup>61</sup> Ya se establecieron algunos principios generales para el financiamiento total de la adaptación<sup>62</sup> que hacen hincapié, entre otras cosas, en la importancia de asegurar que se prioricen los intereses de los grupos más vulnerables.

Se sugiere que hay tres principios básicos que deberían guiar el desarrollo de acuerdos para el financiamiento de la adaptación, siempre y cuando esto afecte la gestión de recursos hídricos:

- Dado que la GIRH – que se considera el mejor abordaje internacional para la gestión de recursos hídricos en cuanto a prácticas – es inherentemente adaptable, cualquier nuevo acuerdo debería priorizar la provisión de un financiamiento directo a largo plazo.
- Las inversiones en infraestructura para la gestión de recursos hídricos suelen ofrecer bienes públicos, además de los beneficios específicos en el suministro de agua o energía, y esto debería reflejarse en los acuerdos de financiamiento.

---

<sup>61</sup>Ver, por ejemplo, S. Spratt: “Evaluación de alternativas: El financiamiento de la adaptación y mitigación al cambio climático en países en desarrollo” (*Assessing the alternatives: Financing climate change mitigation and adaptation in developing countries*), Fundación para la Nueva Economía (*New Economics Foundation*), 2009. Disponible en: [www.stampoutpoverty.org/climatefinancereport](http://www.stampoutpoverty.org/climatefinancereport).

<sup>62</sup>Mitchell, Anderson y Huq, 2008.

- Dado que los recursos hídricos no reconocen los límites administrativos, se deberían hacer acuerdos especiales para financiar actividades para la gestión del agua más allá de esos límites en los casos que sea necesario, ya sea a nivel local, provincial o nacional.

#### **4.1 El financiamiento básico para la gestión del agua es financiamiento básico para la adaptación**

La Declaración de París sobre la Eficacia de la Ayuda debería servir como guía para el financiamiento de la adaptación en los países pobres, evitando, siempre que sea posible, los instrumentos de interés particular. Un tema recurrente en gran parte de los primeros trabajos sobre la gestión del agua y el impacto del cambio climático ha sido la necesidad de integrar esta actividad dentro de la gestión y la planificación generales del desarrollo.

Por lo tanto, la provisión de un financiamiento sostenible para la infraestructura, las instituciones y la capacidad de gestión de recursos hídricos a nivel nacional debería considerarse una prioridad dentro de los programas habituales de asistencia. La meta debería ser garantizar que la capacidad a largo plazo se desarrolle y se conserve en las instituciones encargadas de enfrentar los cambios que se sucedan.

Mientras que los sistemas e instituciones de gestión pueden volverse cada vez más autosuficientes a medida que evolucionan y que el aumento en el uso del agua incrementa la posibilidad de recolectar fondos de los usuarios; los sistemas establecidos hace poco tiempo en los países en desarrollo con niveles de uso de agua relativamente bajos en general necesitarán períodos más extensos de financiamiento público. Y siempre habrá elementos de “bienes públicos” en la gestión del agua que merezcan apoyo público.

En este contexto, las inversiones en la gestión de recursos hídricos deberían considerarse como un financiamiento para el desarrollo sostenible que también ofrece beneficios de adaptación. Los proyectos multipropósito, como el aprovechamiento hidroeléctrico (que brinda beneficios tanto para las inundaciones como para las sequías), permiten hacer uso del financiamiento para la mitigación con beneficios para la adaptación. Esta suerte de inversión múltiple fundamental debe seguir siendo analizada y luego promovida en la arquitectura financiera de la adaptación.

Muchos elementos del negocio de la gestión de recursos hídricos poseen características de bienes públicos o de bienes de interés social. Es decir, ofrecen servicios que benefician a un público más amplio y no a grupos específicos de

usuarios o, en el caso de que sí beneficien a grupos particulares, ese beneficio merece financiamiento público.

Brindar y compartir información acerca de los recursos hídricos es un ejemplo clásico de un bien público. Cuanto mayor sea el conocimiento y la comprensión que las sociedades tengan acerca del agua, más posibilidades tendrán de adaptarse a cambios en lo que respecta a su disponibilidad o a otras presiones que se ejerzan sobre el recurso. Por esta razón, hay muchas razones para exigir el aumento del apoyo presupuestario para las instituciones de gestión de recursos hídricos que se dedican a controlar los recursos, analizar información y se comprometen con el público para comunicar sus implicancias y desarrollar estrategias de reacción apropiadas.

Un bien de interés social típico son las medidas para prevenir las inundaciones, ya sea fomentando un mejor ordenamiento territorial en áreas inundables o construyendo obras de protección contra las inundaciones o de almacenamiento de agua. A la vez que ciertas comunidades en particular pueden beneficiarse haciéndose menos vulnerables a las inundaciones, también la sociedad en su conjunto se beneficia, ya que así no tiene que cargar con el costo que implican los trastornos y las actividades de socorro propias de las inundaciones.

El financiamiento de la gestión de recursos hídricos, y el desarrollo asociado a ello, debería reconocer y proveer lo necesario para los componentes del trabajo relacionados con los bienes de interés social. Los beneficios que ofrece la gestión de recursos hídricos suelen perdurar mucho tiempo (siglos, en el caso de las obras importantes para la protección contra las inundaciones); por esto, es necesario contar con mecanismos de financiamiento apropiados, ya que estas tareas no podrían financiarse mediante los mecanismos tradicionales de financiamiento de proyectos. En este plano, la gestión de recursos hídricos comparte los desafíos que proponen las intervenciones sobre el clima, claramente meritorias en el largo plazo, pero cuya ejecución no necesariamente puede financiarse a través de un banco.

## **4.2 Financiamiento transfronterizo: creación de incentivos para las respuestas cooperativas**

En la medida en que los fondos específicos para la adaptación estén disponibles, se debería dejar de pensar en soluciones únicas para cada país orientadas a generar bienes públicos e impulsar soluciones cooperativas para las cuencas hidrográficas transfronterizas. El financiamiento de la adaptación no debería promover intervenciones en un solo país cuando sería más eficaz la intervención conjunta en varios países. Lo mismo se aplica a las estructuras

subnacionales en situaciones federales.

En consecuencia, en algunas cuencas transfronterizas, las mejores intervenciones para la adaptación al cambio climático para cualquiera de los países en particular podrían consistir en sistemas de información de la cuenca en general y en sistemas de información y monitoreo, así también como en inversiones y/u operaciones de infraestructura aguas arriba en un país ribereño vecino. Mientras que el financiamiento internacional para la adaptación debería formar parte de los planes de eficiencia de la ayuda en curso en cada país, también deberían desarrollarse mecanismos que alienten a los países a analizar opciones cooperativas y a promover soluciones cooperativas entre países en la gestión del agua cuando sea conveniente.

En la cuenca del río Ganges, por ejemplo, todavía se analiza si la mejor opción para controlar las inundaciones y para aumentar el caudal de los ríos en la temporada baja en India y Bangladesh (los países ribereños aguas abajo), no sería invertir en la regulación del río y en el almacenamiento de agua en Nepal (un país ribereño aguas arriba).

Sin embargo, la evolución del sistema de financiamiento de la adaptación apunta al nivel de país. Para promover las primeras mejores soluciones, el financiamiento debería promoverlas a nivel de cuencas. Se deberían diseñar incentivos que alienten a los países a evaluar opciones cooperativas y, en el caso de que demuestren ser las más apropiadas, intentar la elaboración de respuestas cooperativas para la adaptación.

Asimismo, es necesario considerar los problemas transfronterizos en los niveles más bajos de la administración. Muchas intervenciones en la gestión de recursos hídricos se hacen al nivel de la unidad hidrológica, que suele traspasar los límites administrativos. Esto puede complicar considerablemente los acuerdos de financiamiento y derivar en inversiones que distan de ser óptimas: por ejemplo, que dos municipios realicen obras de almacenamiento independientes en una misma cuenca, cuando un trabajo compartido hubiera tenido una mejor relación costo-beneficio.

Los instrumentos innovadores para incentivar la cooperación entre los países son tan necesarios como el financiamiento directo de inversiones entre jurisdicciones. Estos temas deberían considerarse tanto a nivel nacional como subnacional (en sistemas federales), mediante los controles habituales de financiamiento de la GIRH.

## 5. CONCLUSIONES

---



Las perspectivas a largo plazo y las grandes incertidumbres asociadas con el cambio climático exigen respuestas tendientes a la adaptación que puedan brindar beneficios inmediatos, mientras se erigen instituciones sólidas y dúctiles que garanticen una resiliencia perdurable. Las inversiones en la gestión de recursos hídricos ofrecen justamente esto; son, por naturaleza, inversiones para la adaptación.

Concentrar esfuerzos en alcanzar y sostener la seguridad hídrica rinde beneficios inmediatos, en especial para las poblaciones pobres, vulnerables y desatendidas, y también aumenta la capacidad para enfrentar riesgos futuros. Las inversiones en materia de seguridad hídrica que se hagan en el presente deberían verse como una parte explícita de una estrategia coherente de largo plazo para la adaptación, lo que hará que el mundo tenga mayor capacidad de recuperación en el futuro.

El apoyo a sistemas de información, instituciones e inversión centralizados relativos a la gestión del agua – en lugar de iniciativas fragmentadas “anti-cambio climático” – se alínean con los principios de mejor práctica en cuanto a la efectividad de los programas de ayuda, y brinda un marco perdurable y eficiente para lograr la seguridad hídrica e incorporar los esfuerzos de adaptación en los planes nacionales de desarrollo.







Documentos publicados previamente en la Serie de Documentos del TEC:

- No 1: “Regulation and Private participation in the Water and Sanitation Sector” by Judith A. Rees (1998)
- No 2: “Water as a Social and Economic Good: how to Put the Principle into Practice” by Peter Rogers, Ramesh Bhatia and Annette Huber (1998)
- No 3: “The Dublin Principles for Water as Reflected in a Comparative Assessment of Institutional and Legal Arrangements for Integrated Water Resources Management” by Miguel Solanes and Fernando Gonzales Villarreal (1999)
- No 4: “Integrated Water Resources Management” by the GWP Technical Advisory Committee (2000)
- No 5: “Letter to my Minister” by Ivan Chéret (2000)
- No 6: “Risk and Integrated Water Resources Management” by Judith A. Rees (2002)
- No 7: “Effective Water Governance” by Peter Rogers and Alan W Hall (2003)
- No 8: “Poverty Reduction and IWRM” (2003)
- No 9: “Water Management and Ecosystems: Living with Change” by Malin Falkenmark (2003)
- No 10: “...Integrated Water Resources Management (IWRM) and Water Efficiency Plans by 2005 - Why, What and How?” by Torkil Jøneh-Clausen (2004)
- No 11: “Urban Water and Sanitation Services, An IWRM Approach ” by Judith A. Rees (2006)
- No 12: “Water Financing and Governance” by Judith A. Rees, James Winpenny and Alan W. Hall (2009)
- No 13: “Managing the other side of the water cycle: Making wastewater an asset” by Akiça Bahri (2009)



El presente documento está impreso en papel con el sello ecológico nórdico “El Cisne”.

El sello “El Cisne” orienta a los consumidores en la elección de los productos más ecológicos. Para obtener el símbolo de “El Cisne”, los productores deben ajustarse a un conjunto de estrictas directrices que se revisan de forma continuada. Este papel ha sido producido conforme a dichas directrices.



Global Water  
Partnership

GWP Secretariat  
E-mail: [gwp@gwpforum.org](mailto:gwp@gwpforum.org)  
Website: [www.gwpforum.org](http://www.gwpforum.org)

ISBN: 978-91-85321-80-3