



WWF

GUÍA

2010

Serie Seguridad Hídrica de WWF - 3

Cómo adaptar la gestión hídrica

Guía para hacer frente al cambio climático

John H. Matthews, Tom Le Quesne

La Serie Seguridad Hídrica de WWF presenta los conceptos clave de la gestión del agua ante la necesidad de un medio ambiente sostenible. La serie se basa en las lecciones aprendidas en el trabajo de WWF alrededor del mundo y en las aportaciones más novedosas de expertos externos. Cada guía de la Serie Seguridad Hídrica abordará aspectos específicos de la gestión del agua, con un enfoque inicial en los temas relacionados con la escasez de agua, el cambio climático, la infraestructura y el riesgo.

Comprensión del concepto de seguridad hídrica

En cuanto red internacional, WWF se ocupa de las amenazas globales para el ser humano y la naturaleza, como el cambio climático, la extinción de especies y sus hábitats, y el consumo insostenible de los recursos naturales del planeta. Hacemos esto influyendo en la forma en que los gobiernos, las empresas y la comunidad piensan, aprenden y actúan en relación con el mundo que nos rodea, y trabajando con comunidades locales para mejorar su calidad de vida y el medio ambiente del que todos dependemos.

Junto con el cambio climático, la escasez –la existente y la que se prevé– de agua potable quizás sea uno de los principales retos que el mundo deba enfrentar en el siglo XXI. Ésta no es sólo la opinión de WWF: muchos líderes mundiales, incluyendo a varios secretarios generales de la ONU, lo han mencionado en años recientes. Las voces que influyen en la economía global hablan con creciente frecuencia de los riesgos relacionados con el agua como una amenaza emergente para los negocios.

Si administramos mal el agua, la naturaleza también sufre la falta de este recurso. De hecho, hay evidencia de que la biodiversidad de los ecosistemas dulceacuícolas ya está sufriendo gravemente a causa de la sobre-extracción de agua y la contaminación de los ríos, los lagos y las aguas subterráneas, así como las consecuencias de una infraestructura hídrica mal planeada. El Informe Planeta Vivo de WWF muestra que la disminución de la biodiversidad de los ecosistemas dulceacuícolas es probablemente la más acentuada entre todos los tipos de hábitats.

Conforme crezca la población mundial y aumente la demanda de alimentos y energía, se va a incrementar la presión sobre los ecosistemas de agua dulce. Además, es probable que los efectos más importantes del cambio climático se perciban a través de cambios en los ciclos hidrológicos.

WWF ha trabajado durante muchos años en diversas partes del mundo para mejorar la gestión del agua. Garantizar la seguridad hídrica sigue siendo una de nuestras prioridades clave.

Reconocimientos

Este informe se basa en una revisión técnica de los temas, dirigida por Pegasys Consulting, y las deliberaciones sostenidas durante un taller de dos días en WWF-Reino Unido, en mayo de 2006. Los autores desean agradecerle a Héctor Garduño su revisión de una primera versión del documento, y a Bruns Bryan sus meticulosas observaciones al último borrador.

Los autores también quisieran expresar su agradecimiento a los editores de la serie: Dave Tickner, Tom Le Quesne y Mica Ruiz.

Traducción

Ana Lucía Block

Revisión

Eugenio Barrios y Juan Antonio Reyes

Copyright © 2010 WWF-World Wide Fund For Nature (Formely World Wildlife Fund), Gland, Switzerland. All rights reserved.

ÍNDICE

RESUMEN	04
----------------	-----------

INTRODUCCIÓN	07
---------------------	-----------

PARTE A. ¿CÓMO AFECTA EL CAMBIO CLIMÁTICO AL AGUA DULCE?	09
¿Cómo afecta el cambio climático al agua dulce?	10
El cambio climático en el agua dulce y la precipitación	12
¿Cómo podemos describir las consecuencias del cambio climático sobre el agua dulce?	16
Vulnerabilidades relativas: desarrollo de contrastes	20

PARTE B. PRINCIPIOS Y PRIORIDADES	23
¿Cómo podemos pensar en qué hacer?	24
¿En qué consiste la adaptación al clima?	26
¿En qué no consiste la adaptación al clima?	29
Identificación de la vulnerabilidad y aceptación de la incertidumbre	32

PARTE C. ¿QUÉ SE PUEDE HACER PARA RESPONDER AL CAMBIO CLIMÁTICO?	35
¿Qué se puede hacer para responder al cambio climático?	36
Lecturas adicionales	42

RESUMEN

La sobre-extracción del agua, la construcción de presas y demás infraestructura, la contaminación, el cambio de uso del suelo, las especies invasoras, y la modificación y destrucción del hábitat, han degradado muchos ríos, lagos y humedales. En las últimas décadas, el cambio climático

originado por la acción humana ha comenzado a modificar también los ecosistemas dulceacuícolas, tendencia que seguirá aumentando en el futuro inmediato. Para los ecosistemas dulceacuícolas, la modificación de los patrones de precipitación y evaporación es un aspecto del cambio climático que tendrá mayores efectos que la temperatura del aire por sí sola. El cambio climático puede manifestarse de diversas maneras, y todas ellas se han observado en las últimas décadas en diferentes partes del mundo:

- Gradualmente, en la paulatina alteración de la media de alguna variable climática.
- En el incremento de la frecuencia o de la intensidad de fenómenos atmosféricos extremos, como las inundaciones o las sequías: un incremento en la variabilidad del clima.
- En los cambios repentinos del nivel de estabilidad, donde a un periodo de estabilidad climática le sigue otro de cambios rápidos, antes de que se haya alcanzado un nuevo periodo estable.

Las consecuencias del cambio climático sobre los lagos, los humedales y los ríos difieren sustancialmente de aquéllas en otros ecosistemas, como los bosques o los arrecifes de coral, porque: (a) los seres humanos están utilizando la mayoría de los cuerpos de agua dulce, y durante largos periodos éstos no han permanecido en estado “virgen”; (b) la gestión de los ecosistemas dulceacuícolas debe incluir los ambientes terrestres, estuarinos y marinos que se conectan con ellos, puesto que son interdependientes; y (c) los elementos del clima más relevantes para el agua dulce están sujetos a una gran incertidumbre temporal y espacial.

Las repercusiones del cambio climático sobre los ecosistemas dulceacuícolas pueden caracterizarse por la alteración de la calidad del agua (por ejemplo, por contaminantes, por temperatura o por el oxígeno disuelto), de la cantidad de agua, y del patrón de sus ciclos (de los periodos normales de inundación y de sequía). Globalmente, es probable que la alteración del patrón estacional del agua sea la consecuencia más importante para los seres humanos y otras especies, puesto que afecta directamente tanto la cantidad como la calidad del agua, y porque los seres humanos y otras especies muestran a menudo conductas que dependen de los cambios previsibles en el caudal. Desafortunadamente, quizás ésta sea también la variable que mayor dificultad impone a los modelos de predicción de manera confiable. Por lo tanto, la política del agua debería enfocarse en los cambios sub-anales, por ejemplo, estacionales o mensuales. Por otra parte, la incertidumbre no debería ser excusa para no actuar.

En realidad, el proceso para reducir la incertidumbre debería convertirse en la guía para la acción.

La evaluación de la vulnerabilidad a los efectos negativos del cambio climático debería distinguir entre la “evaluación del impacto”, que busca predecir futuros cambios biofísicos y ecológicos de una manera determinista, y la “evaluación de la vulnerabilidad”, que busca combinar la evaluación de los futuros escenarios de cambio con la capacidad de recuperación de los ecosistemas (resiliencia) y de respuesta de las instituciones de gestión. Debido al alto grado de incertidumbre de las proyecciones de los modelos hidrológicos, la

evaluación de la vulnerabilidad debería centrarse tanto en la capacidad de adaptación, como en la reducción de escala del modelo climático. Puede ser conveniente pensar en la futura vulnerabilidad en términos de “escenarios potenciales” de climas emergentes y no en términos de escenarios definitivos.

Los ecosistemas dulceacuícolas difieren en su vulnerabilidad relativa al cambio climático. Por ejemplo, los grandes ríos responden con menor rapidez que los pequeños arroyos expuestos al mismo tipo, magnitud y velocidad de efectos del cambio climático. De igual manera, algunas comunidades e instituciones van a estar mejor adaptadas al cambio y, por lo tanto, menos vulnerables a sus efectos negativos.

El desarrollo de una estrategia para ayudar a los sistemas sociales y ecológicos a adaptarse al cambio climático, incluyendo todos estos aspectos de los ecosistemas dulceacuícolas, no es fácil, pero se deben incluir al menos dos componentes: en primer lugar, un compromiso para reducir la emisión de gases de efecto invernadero con miras a frenar el ritmo del cambio climático futuro; en segundo lugar, un enfoque activo de aprendizaje y flexibilidad institucional para enfrentar la incertidumbre climática y sus consecuencias. Así, proponemos ocho elementos para constituir una estrategia de adaptación hídrica:

1. Desarrollar la capacidad institucional: el desarrollo de una capacidad institucional robusta, de una gobernanza adaptable y eficaz, y de la capacidad de aplicar con éxito políticas adecuadas de adaptación, debe considerarse como la tarea más importante para facilitar una adaptación exitosa al cambio climático en el tema de agua dulce. En el sector hídrico, las instituciones son generalmente débiles y rara vez están en posición de hacer frente a los efectos derivados del clima.
2. Crear sistemas y acuerdos de asignación flexibles: es necesario que los sistemas de asignación del agua y los derechos de agua sean lo suficientemente flexibles para proteger los intereses sociales, ambientales y económicos esenciales, bajo condiciones variables de disponibilidad del agua.
3. Reducir las presiones externas ajenas al clima: los efectos del cambio climático se van a exacerbar en los sistemas que ya sufren presión por otros factores, como la sobre-extracción, una infraestructura mal planeada o la invasión de especies exóticas. La reducción de estas presiones es clave para facilitar la adaptación.
4. Ayudar a las especies, a las comunidades humanas y a las economías a modificar sus rangos: las especies pueden necesitar desplazarse tanto entre distintos ecosistemas, como en su interior, conforme las condiciones de las cabeceras de los ríos o de los tramos inferiores se vuelvan inviables debido al cambio climático. Del mismo modo, las actividades económicas pueden necesitar desplazarse.
5. Analizar cuidadosamente el desarrollo y manejo de infraestructura hídrica: los beneficios a corto plazo de la construcción de sistemas de irrigación, de infraestructura hidroeléctrica o de las medidas para controlar las inundaciones, basadas en la historia climática reciente pueden, en realidad, limitar futuras opciones de adaptación climática. En la planificación y en las decisiones administrativas deberían cuestionarse los supuestos en torno a una estabilidad hídrica.
6. Instituir políticas sostenibles de gestión de las inundaciones: hay un riesgo creciente de que la protección contra inundaciones sobre la base de los patrones históricos de precipitación sea insuficiente. Al parecer, la gestión sostenible de las inundaciones

puede reducir el riesgo de inundación, siempre y cuando se entienda cómo se mueven las inundaciones entre las cuencas de captación, y se desarrollen estrategias de reducción del riesgo adecuadas al clima, como la reubicación, en lugar de la defensa.

7. Apoyar a un gobierno consciente del clima y la planificación del desarrollo: muchas de las decisiones de planificación económica y social del gobierno incluyen supuestos sobre la futura disponibilidad de agua y los servicios derivados de los ecosistemas dulceacuícolas. Estas decisiones deben tener en cuenta los cambios climáticos potenciales, para así evitar riesgos sociales y económicos significativos.
8. Mejorar las capacidades de monitoreo y respuesta: encontrar, en este medio donde impera la incertidumbre, el camino para predecir las repercusiones climáticas, significa que debemos estar más alertas a las modificaciones de los aspectos ecológicos, hidrológicos y sociales de nuestros sistemas a medida que éstas ocurren. Debemos cerciorarnos de que los resultados del monitoreo son parte intrínseca de nuestros procesos de gestión, planificación y diseño.

INTRODUCCIÓN

El cambio climático antropogénico, comúnmente conocido como calentamiento global, ya está modificando los ecosistemas dulceacuícolas por todo el planeta: dónde hay agua, cuánta hay y en qué estado se encuentra (líquida, congelada o en vapor). Ante nuestros ojos, el cambio climático está creando, en relación con el agua dulce, ganadores y perdedores entre los individuos, las economías, las sociedades y las naciones y, por supuesto, entre las especies y los ecosistemas.

El cambio climático tiene profundas implicaciones para la gestión de los ecosistemas dulceacuícolas, así como para las personas y las especies que dependen de ellos. Pero la gestión del agua es muy anterior a cualquier toma de conciencia sobre el cambio climático antropogénico. La gestión del agua a gran escala fue, de hecho, uno de los grandes temas de los siglos XIX y XX en todo el mundo. Muchos de los más grandes proyectos de construcción en la historia de la humanidad han sido intentos de consumir, controlar, asignar y regular el agua. Entre los más notables está, tal vez, la construcción de decenas de miles de presas e infraestructura de riego. Además, el vasto consumo –y descarga– industrial y doméstico, la contaminación y la conversión de quizá la mitad de los humedales del mundo para usos “productivos” han tenido graves repercusiones en las diversas especies acuáticas y terrestres que dependen de los recursos de los ecosistemas dulceacuícolas.¹

Un estudio de 344 de especies de agua dulce de ambientes templados y tropicales, revela un descenso de las poblaciones de alrededor de 30% tan sólo entre 1970 y 2003. Los ecosistemas dulceacuícolas tienen actualmente índices de extinción de especies tan altos, o incluso mayores, que cualquier otro ambiente.²

La adaptación climática es el proceso de ajuste anticipado a los regímenes climáticos emergentes, evitando el riesgo y facilitando el cambio. Los ejemplos incluyen la reducción del consumo de agua para compensar los bajos índices de precipitación, el desplazamiento de una determinada industria de una zona con tendencia creciente a la sequía a una región más húmeda, o la modificación de la morfología de la corriente urbana para compensar las inundaciones cada vez más grandes y frecuentes. Quizás la mayor amenaza del cambio climático para los ecosistemas dulceacuícolas es la interacción entre los problemas relativamente “tradicionales”, como la excesiva extracción o la fragmentación del hábitat, y los impulsados por las alteraciones climáticas, como las sequías cada vez más frecuentes.

WWF está comprometido con el concepto de flexibilidad como una respuesta en sí misma al cambio climático: si bien puede haber una serie de predicciones sobre las futuras condiciones climáticas, la incertidumbre en torno a ellas generalmente es alta, y puede necesitarse algún tiempo para terminar los planes y las estrategias. En algunos casos, podemos no tener la opción de trasladar a las personas, a las especies

¹ WWF, 2008. *Living Planet Report 2008*. WWF international, Gland, Switzerland, 8 pp.)
RSA (1998). *Ley Nacional del Agua: Ley 102 de 1998*, Gobierno de la República de Sudáfrica, Pretoria.

² Ricciardi A. and Rasmussen J.B. 1999. “Extinction rates of North American freshwater fauna”, *Conservation Biology* 13: 1220–22.

y a las industrias, por lo que debemos fomentar y desarrollar cierta flexibilidad ante las repercusiones climáticas negativas, como los fenómenos extremos. En otros casos, puede incluso haber límites para la adaptación, la resiliencia y la sostenibilidad que nos obliguen a hacer elecciones muy difíciles.

Este cuaderno está pensado como una guía para abordar algunas de las cuestiones básicas en torno a la gestión del agua desde la perspectiva del cambio climático.

PARTE A

¿CÓMO AFECTA EL CAMBIO CLIMÁTICO AL AGUA DULCE?

¿CÓMO AFECTA EL CAMBIO CLIMÁTICO AL AGUA DULCE?

Gran parte del periodismo que cubre el cambio climático antropogénico describe consecuencias difíciles de imaginar: “las proyecciones del aumento en la temperatura media del aire para el año 2100 son de hasta 6°C”, que no se conceptualizan fácilmente en la experiencia humana ni son útiles como fundamento de una política eficaz.

La gente no percibe el clima per se. Como la mayoría de las especies, sentimos el estado del tiempo y lo experimentamos como un fenómeno tanto local como diario o estacional. Lo que con frecuencia nos hace más conscientes del clima en sí son los fenómenos meteorológicos extremos que contrastan con lo que consideramos el tiempo “normal”: lluvias torrenciales, sequía extrema y prolongada, y días demasiado calientes o demasiado fríos.

Por su parte, el término “calentamiento global” sugiere que la temperatura del aire es el aspecto más importante o más alterado de clima. Pero el cambio climático antropogénico está modificando todos los aspectos del clima, y quizás la temperatura del aire no sea ni siquiera el elemento del clima que más importa para los seres vivos del planeta. De hecho, la precipitación suele ser un rasgo del clima local mucho más restrictivo que la temperatura del aire, pues históricamente ha delimitado en dónde la gente puede participar en actividades industriales o agrícolas, y en dónde encontrar determinadas especies silvestres, incluso especies que no son acuáticas. Además, la precipitación es la fuente de agua dulce de casi toda la superficie de la Tierra.

¿Llegó a su fin la industria vinícola de California?

El estado estadounidense de California ha pasado por cambios significativos en la temperatura media en invierno y en la acumulación de nieve en las montañas de la Sierra Nevada. La precipitación es más bien estacional en la mayor parte de la región, con prolongados veranos secos e inviernos fríos y húmedos. Mucha del agua superficial de los ríos y los lagos de California proviene del lento derretimiento de la nieve de la montaña, que hace las veces de un depósito congelado que mantiene flujos relativamente uniformes y confiables a lo largo de todo el año.

El desarrollo económico de California tenía como supuesto que estas condiciones se mantendrían iguales en un futuro próximo. Pero las condiciones están cambiando. La combinación de una economía y una población en rápido crecimiento (mayor demanda), con la disminución del manto de nieve (menor oferta) implica que ese supuesto ya no tiene sustento. Los californianos pueden no percibir las modificaciones climáticas que se están produciendo en altas elevaciones durante el invierno, pero están sintiendo sus repercusiones ambientales: la presión de los gobiernos locales para que en los patios y los jardines se cambien las plantas que consumen mucha agua, por plantas que puedan sobrevivir largos periodos sin riego; una industria vinícola mundialmente famosa que probablemente deba trasladarse más al norte, a los estados de Oregón y Washington para sobrevivir; incendios forestales más frecuentes y más graves, y la discusión, e incluso un serio debate, sobre la construcción de plantas desalinizadoras al sur del estado.



© ISTOCK

Los impactos del cambio climático en el agua dulce no siempre se identifican con el cambio climático antropogénico o con el agua dulce. California, estado occidental de EEUU, es famoso por su industria vinícola, pero el comportamiento del manto de nieve de la Sierra Nevada está acortando el verano y reduciendo la disponibilidad de agua para la agricultura y las ciudades. Algunos investigadores sugieren que la reducción del suministro de agua y la creciente variabilidad climática podrían propiciar que la industria vinícola de California se traslade hacia los estados más norteros de Oregón y Washington, EEUU, y a la provincia de Columbia Británica en Canadá. La mayoría de los consumidores tienden a considerar este desplazamiento como un cambio en las prioridades de la industria más que como un efecto de las modificaciones del régimen de precipitación en la región.

Todos estos impactos son resultado de las tendencias del clima de California, que probablemente persistan y se fortalezcan en las próximas décadas, incluso si hubiera una importante reducción en la emisión de gases de efecto invernadero.³

³ Hayhoe, K., et al. 2004. Emissions pathways, climate change, and impacts on California, *Proceedings of the National Academy of Sciences*, "101(34)", 12422-27.

EL CAMBIO CLIMÁTICO EN EL AGUA DULCE Y LA PRECIPITACIÓN

La mayor parte del agua dulce superficial proviene de la precipitación. A lo largo y ancho del planeta, están cambiando diversos aspectos de la precipitación como la cantidad anual o estacional; su estacionalidad; el patrón “normal” (por ejemplo, de nieve vs. lluvia); la intensidad de los eventos (cantidad por unidad de tiempo); la frecuencia y la gravedad de fenómenos extremos, como las sequías y las inundaciones; o la acumulación o la pérdida neta de agua en lugares como los glaciares y los polos. Por otra parte, se prevé que todos estos aspectos de la precipitación van a seguir cambiando en el próximo siglo. En algunas regiones, estos cambios van a tener consecuencias críticas sobre aspectos “normales” del lugar como, por ejemplo, las actividades económicas, la presencia de vectores de

enfermedades, los medios de vida locales, las características de los ecosistemas (el régimen del fuego, el inicio de la primavera), y la mezcla de especies “típicas”.

¿Por qué pensar en la precipitación y el cambio climático? Al fin y al cabo, la mayoría de los seres humanos consumen el agua de los embalses, los lagos, los ríos y, donde hay perforaciones y pozos, del subsuelo. Casi invariablemente, sin embargo, esa agua proviene de la precipitación. Los lagos y los ríos, por ejemplo, capturan la precipitación reciente en forma de escorrentía superficial, y la mayoría de las aguas subterráneas se “recargan” con la precipitación que se filtra desde la superficie a través de la roca y el suelo.

El deshielo, en zonas de gran altitud y en regiones de latitud media a alta, puede ser, en efecto, depósito de viejas, e incluso antiguas, precipitaciones, que contribuyen a alimentar los lagos y los ríos durante las temporadas de sequía. Pero al igual que las cuentas bancarias de las que se hacen retiros constantes, los lagos, los ríos, el agua subterránea, los mantos de nieve y los glaciares, pueden llegar a “sobregirarse” más allá de su capacidad de renovar sus reservas (flujo de salida) o de equilibrar el ritmo de sus “depósitos” (flujo de entrada). En otras palabras, las alteraciones climáticas en la precipitación nos importan a los seres humanos porque dependemos de ellas, seamos o no conscientes de esta dependencia. Estas alteraciones también importan para los ecosistemas dulceacuícolas, para las especies silvestres que dependen del agua dulce, para la agricultura y para muchos otros elementos de la economía humana.

En cuanto individuos, nos puede parecer difícil o imposible percibir directamente las alteraciones climáticas en el agua dulce y la precipitación. El clima es una “norma” definida estadísticamente –se define para un determinado intervalo de tiempo.⁴ Incluso las consecuencias del cambio climático difíciles de percibir, pueden ser, no obstante, muy importantes por modificar cualidades hidrológicas clave y afectar a las especies y las economías.

Las variaciones climáticas que modifican los ecosistemas dulceacuícolas tienen profundas implicaciones socio-culturales, económicas y ambientales. Muchos lagos, ríos y humedales en el mundo entero ya están resintiendo las consecuencias del cambio climático en cuanto a cuándo contienen agua, la cantidad de agua que contienen y las características del agua, incluyendo su temperatura. La intensidad de estos efectos puede crecer en las próximas décadas y va a tener consecuencias importantes para los seres vivos que dependen de esa agua, y para las actividades económicas que dependen de sus recursos.

¿Los cambios climáticos van a ocurrir gradual o repentinamente? Localmente, la velocidad del cambio se caracteriza por tres patrones que varían por región y escala temporal,



4. Los científicos del clima son particularmente reacios a atribuir cualquier fenómeno atmosférico específico, como un ciclón tropical o un verano muy caliente, al cambio climático, puesto que semejantes eventos aislados podrían presentarse, teóricamente, en la ausencia de dicho cambio. De aquí que estén más interesados en la frecuencia con que ocurren, en qué tan graves son y en cómo se alteran las condiciones climáticas “promedio” (por ejemplo, el clima).

SEQUIA

El debate sobre las consecuencias del clima en los seres humanos suele ser dominada por los efectos económicos, pero los ecosistemas dulceacuícolas también provén “servicios ambientales culturales” que pueden considerarse tan significativos como los efectos industriales o los que afectan los modos de vida. Vemos aquí cómo el lecho del río Gambiri en el norte de la India, parte de la cuenca del Ganges, asolado por la sequía, mantiene los montículos de las cremaciones recientes mientras espera el regreso del río para que lave las cenizas aguas abajo hacia la madre sagrada, Ganges. La interrupción de este “servicio” por el Gambiri por las sinergias del cambio climático y la mala gestión del agua, representan para los hindúes que viven en esta cuenca una profunda crisis religiosa.

aunque en muchos lugares ocurren simultáneamente. El primero es un cambio gradual y persistente, ampliamente observado. Son típicos de este tipo de cambio, el aumento gradual de la temperatura media del aire o el adelanto paulatino de la fecha de llegada de los monzones de verano. Estadísticamente, estas alteraciones implican un movimiento gradual del promedio a largo plazo (media) de una variable climática de interés. Muchos modelos climáticos caracterizan la mayor parte de los aspectos del cambio climático como la paulatina modificación de la media.

El segundo patrón es un aumento en la variabilidad del clima –una mayor frecuencia de los eventos extremos del tiempo- que oscilan en torno a una media relativamente estacional. Respecto de la precipitación, algunas regiones están teniendo inundaciones más frecuentes y más graves, y también más sequías. Los fenómenos meteorológicos extremos, como los días muy calurosos, las grandes tormentas tropicales o las precipitaciones de gran intensidad, parecen tener un importante papel ecológico en relación con el lugar donde se encuentran las especies; es decir, en relación con los cambios de distribución.

Para los seres humanos, estos fenómenos conducen con frecuencia a cambios reactivos en la política, como sucedió cuando dos de las llamadas “500 grandes inundaciones” sucedieron en una misma década. Muchos de los análisis de la historia reciente del clima muestran significativas alteraciones en la variabilidad climática y la ocurrencia de fenómenos meteorológicos extremos.

El tercer patrón ocurre cuando a un periodo de cambio climático estable o lento (“Estado 1”) lo sigue otro de cambio rápido, lo que lleva el clima a otro plano (“Estado 2”). Semejantes cambios repentinos del nivel del estado son difíciles de modelar, pero el registro climático a largo plazo sugiere que sí suceden, una vez que un cierto umbral o punto de inflexión del clima se ve excedido. En las últimas décadas, sólo unos cuantos eventos corresponderían a este modelo, como el movimiento repentino de una importante corriente en un océano o de una corriente atmosférica. Para los seres humanos y los sistemas naturales que ya están bajo presión, los cambios mayores del nivel del estado probablemente se perciban como catástrofes ambientales.

Las alteraciones de los sistemas dulceacuícolas derivadas del cambio climático no son uniformes en todo el mundo. Por ejemplo, en las últimas décadas, algunas regiones han tenido incrementos en la cantidad de agua dulce, mientras que otras han visto disminuir drásticamente las lluvias o cambiar la frecuencia de las sequías severas. De aquí que no sea fácil hacer generalizaciones sobre cómo van a hacer frente a estas alteraciones en el agua dulce las economías y las especies silvestres en todo el planeta. No obstante, empezar a entender cómo se ven afectados por el cambio climático los lagos, los ríos y los humedales, significa realmente explorar la relación entre el cambio climático y la precipitación, y la forma en que juntos modifican la hidrología local.



© J. MATTHEWS / WWF-USA



© A OSWELL / WWF-CANON

Australia enfrentó recientemente una serie de severas sequías que han tenido profundas repercusiones económicas en los ámbitos regional, nacional y mundial. Estas sequías pueden indicar el desplazamiento en algunas partes del continente hacia un nuevo régimen de precipitación.

Australia: ¿Una prolongada serie de sequías o un nuevo régimen climático?

Aunque las consecuencias de las alteraciones climáticas en los ecosistemas dulceacuícolas pueden ser sumamente graves, en muchos casos no se reconocen como “problemas del agua dulce” per se. Por ejemplo, en los últimos tiempos, algunas regiones de Australia han presenciado una variabilidad climática significativamente mayor, en particular en la forma de sequías graves y frecuentes. El nuevo Departamento del Cambio Climático del gobierno australiano informa que en algunas regiones, especialmente en el este y el sur de Australia, la precipitación pluvial ha disminuido gradualmente cerca del 10-20% de la década de 1960 a la fecha. Incluso los cambios menores en la precipitación pueden llevar a grandes alteraciones en la escorrentía, y a decrementos del caudal de los ríos de hasta el 40-60% como respuesta. Las proyecciones muestran otras grandes disminuciones en la precipitación media anual para 2050. Quizás sea aún más importante el aumento previsto en la frecuencia de las sequías, hasta de 20% para 2030.⁵

⁵ Pittock, B. 2003. *Climate Change: An Australian Guide to the Science and Potential Impacts*, Australian Greenhouse Office.
<http://www.greenhouse.gov.au/science/guide/index.html>

Las actuales instituciones económicas no están diseñadas para hacer frente a graves y frecuentes sequías; se estima que la sola sequía de 2002-2003 costó unos \$ 7,600 millones de dólares estadounidenses (al valor de 2006). Claro está que estos efectos no se limitan solamente a Australia. Es generalizada la percepción de que la consiguiente disminución de la producción de cereales en Australia exacerbó la crisis alimentaria mundial de 2008.

Para los residentes de esta zona, la gravedad ha dado lugar a importantes cambios en el consumo y la gestión del agua, al aumento de la intensidad de los incendios forestales (\$261 millones de dólares estadounidenses en el incendio de 2003 en Canberra, al valor de 2006), y a efectos sinérgicos como la carga con escorrentía llena de sedimentos de tres de las cuatro presas de Canberra, posteriores al incendio de 2003.

¿CÓMO PODEMOS DESCRIBIR LAS CONSECUENCIAS DEL CAMBIO CLIMÁTICO SOBRE EL AGUA DULCE?

Las consecuencias del cambio climático sobre el agua dulce pueden describirse de acuerdo con tres componentes diferentes, aunque interrelacionados: la calidad del agua, la cantidad o el volumen de agua, y el calendario del agua (también llamado estacionalidad del agua, régimen de caudales, o periodo o patrón hídrico). Un cambio en cualquiera de estos tres elementos conlleva por lo general la modificación de los otros dos. La calidad del agua se refiere a qué tan apropiada es el agua de un ecosistema para un determinado “uso” en particular, ya sea biológico o económico. Por ejemplo, muchas especies de peces tienen

hábitats naturales con variaciones reducidas en el oxígeno disuelto, la temperatura, el sedimento disuelto y el pH. Los seres humanos suelen evitar beber agua dulce o cocinar con ella cuando tiene una gran concentración de minerales disueltos o un pH muy alto o muy bajo.

La cantidad de agua se refiere al volumen de agua de un determinado ecosistema, que es controlado mediante el equilibrio de los flujos entrantes (precipitación, escorrentía, filtración de aguas subterráneas) y los salientes (extracciones, evapotranspiración, flujos naturales). A escala mundial, las precipitaciones tienden a ser menos, pero en eventos más intensos, dando lugar, por lo general, a una mayor precipitación. A escala local, la variación es amplia. Los cambios más notables en la cantidad de agua son los derivados de los fenómenos extremos de la precipitación: las inundaciones y las sequías. El nivel de los lagos y los humedales también puede cambiar radicalmente a consecuencia de incluso pequeños cambios en el equilibrio entre la precipitación y la evaporación. Se prevé un aumento en el mundo entero de la ocurrencia y la gravedad de los fenómenos de precipitación extremos.

El calendario o estacionalidad del agua es la variación prevista o promedio de la cantidad de agua en un periodo dado, usualmente reportado en un año. La mayoría de los cuerpos de agua tienen una variación estacional “normal”, que en los humedales y los lagos se llama hidropериodo, y en los ríos y las corrientes se llama régimen de caudal. Estos términos a veces se agrupan como hidropatrón.

Muchas de las especies terrestres y acuáticas son extremadamente sensibles al calendario del agua. La selección natural ha adaptado (en un sentido evolutivo) el comportamiento, la fisiología y los procesos de desarrollo de muchos organismos acuáticos a regímenes estacionales particulares. Es el caso del desove durante las inundaciones de primavera, y la acelerada metamorfosis de renacuajo a rana adulta en los humedales que se secan rápidamente. La modificación del calendario del agua implica que pueda haber discrepancias perjudiciales entre el comportamiento y el hábitat acuáticos. Estas alteraciones podrían afectar, a su vez, las reservas de la industria pesquera y a las industrias que dependen de los caudales estacionales.

El control de la estacionalidad del agua ha sido por mucho tiempo una prioridad en la gestión del agua. Un campo de arroz inundado es un intento de cambiar un humedal o llanura aluvial efímera en un ecosistema regulado para optimizar el crecimiento y la cosecha. Las decenas de miles de presas y canales de riego construidos a lo largo y ancho del planeta demuestran el anhelo del hombre de controlar las variaciones que ocurren natural, aunque irregularmente, en los niveles de agua, para proveer irrigación o energía hidroeléctrica de manera más confiable. Las presas y otros tipos de infraestructura

diseñada para controlar las inundaciones reflejan el deseo de reducir la variabilidad y los extremos de los flujos.

Desafortunadamente, muchos estudios a gran escala de los efectos climáticos sobre el agua dulce proveen sólo información del total o el promedio anual del caudal o de los patrones de escurrimiento. Dichos informes pasan por alto la variación estacional sub-anual en las tendencias del clima, así como mucha de la variabilidad existente entre años. Una pequeña alteración en la evapotranspiración o en la precipitación, por ejemplo, puede convertir un periodo que ha tenido históricamente poca agua, en una temporada de sequías frecuentes, aunque en una resolución anual la variación neta de los flujos entrantes y salientes pueda parecer insignificante.

Hasta ahora, los esfuerzos de gestión del agua generalmente han asumido la “estabilidad” del papel del clima en el hidropatrón. En otras palabras, han supuesto que el registro histórico de la variación estacional es una buena guía para el futuro. Es probable que hoy en día este supuesto haya perdido validez en la mayoría de los ecosistemas dulceacuícolas del mundo. El cambio climático está alterando la estacionalidad de muchos cuerpos de agua, incluso cuando, en una escala anual, la cantidad de agua permanece relativamente estable.

Por ejemplo, en muchas regiones el calendario de la precipitación se está modificando y las fechas de las estaciones de mucha o de poca precipitación se están desplazando varias semanas. El incremento en la temperatura del aire en invierno y en primavera implica que en muchas regiones templadas se esté presentando más lluvia de invierno que nieve (lo que lleva al incremento de la frecuencia de las inundaciones de invierno), un manto de nieve más reducido, un deshielo primaveral más temprano y una mayor evapotranspiración en el verano, y caudales de verano menos previsible. El aumento de la temperatura del aire también puede ocasionar incrementos en la tasa de evaporación de los lagos y los embalses y, en latitudes y altitudes más elevadas, decrementos en la frecuencia y duración del congelamiento de la superficie de los lagos.

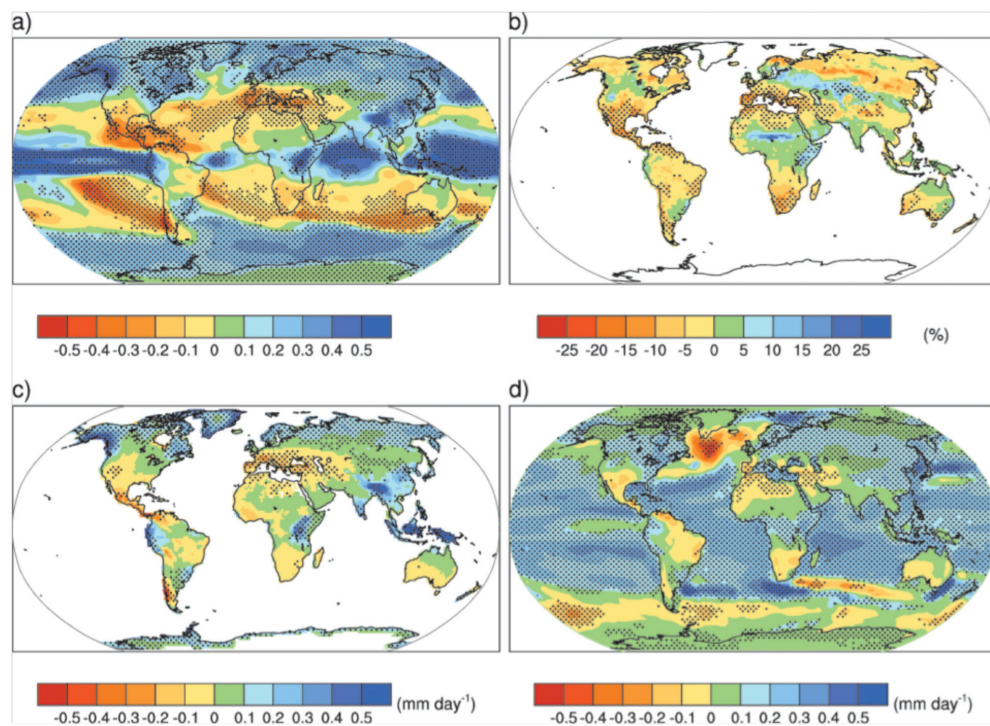
La interacción entre estos elementos es compleja y sus repercusiones sobre los ecosistemas son difíciles de modelar y predecir. Por ejemplo, en el Pacífico, al noroeste de EEUU, los índices de precipitación del verano están disminuyendo, mientras que la temperatura del agua está aumentando a un ritmo acelerado, lo que afecta el tamaño de la población de salmónidos y los patrones de migración, y hace probable la extinción, en décadas, de varias especies locales o regionales.⁶

Según una declaración del Servicio Forestal de EEUU: “aunque la intensidad de los efectos va a tener variaciones regionales, el cambio climático va a alterar prácticamente todas las corrientes y los ríos en la cuenca del río [Columbia]. Los pronósticos actuales indican que tan sólo los aumentos de temperatura van a volver inadecuado 2-7% del hábitat de la trucha en la cabecera noroeste del Pacífico para 2030; 5-20% para 2060, y 8-33% para 2090... La pérdida de hábitat del salmón podría ser más grave en Oregón y Idaho, con pérdidas potenciales de más de 40% en 2090”.⁷

La interacción de las temperaturas del invierno más cálidas, los crecientes niveles de contaminación por nutrientes y las progresivas presiones urbanas entre los grandes lagos

6 *Independent Scientific Advisory Board (2007). “Climate change impacts on Columbia River Basin fish and wildlife”, Northwest Power and Conservation Council, <http://www.nwccouncil.org/library/isab/ISAB%202007-2%20Climate%20Change.pdf>*

7 <http://www.fs.fed.us/ccrc/topics/salmon-trout.shtml>



El Panel Intergubernamental sobre el Cambio Climático (IPCC, por sus siglas en inglés) es el grupo científico de las Naciones Unidas encargado de analizar los efectos del cambio climático sobre los sistemas humanos y naturales. Su Cuarto Informe de Evaluación fue publicado en 2007 (véase la bibliografía adicional). Aquí, el IPCC muestra la concordancia de 15 modelos climáticos para diversas variables del agua dulce. Para indicar la coherencia de la señal de cambio, se puntúan las regiones en que al menos 80% de los modelos concuerdan con la señal de la variación media. Los cambios son medias anuales para un futuro escenario de desarrollo del clima (SRES A1B) para el período 2080-2099 respecto de 1980-1999. La humedad del suelo y los cambios en la escorrentía se muestran en los puntos de la tierra con datos válidos de al menos diez modelos. [Basado en la GTI Ilustración 10.12].⁸

poco profundos de la cuenca central del Yangtsé en China están llevando a condiciones eutróficas casi permanentes, incluso en los meses más fríos del año.

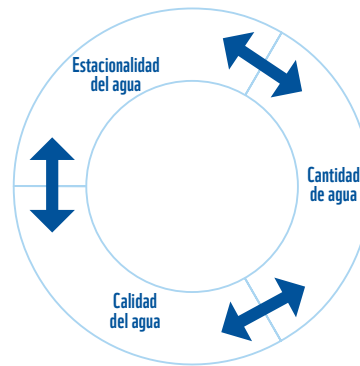
En muchas regiones áridas y semiáridas la cantidad de precipitación anual está disminuyendo, lo que amenaza la subsistencia de agricultores y ganaderos, y de las ciudades en regiones como el noreste de Brasil, África del sur, y los grandes centros de población del norte de México y el suroeste de EEUU.

En las regiones templadas y boreales, la cantidad de precipitación anual es, en general, cada vez mayor. Se prevé que, particularmente en el norte y el occidente de Europa, haya un aumento significativo del riesgo de inundación, con un incremento de la media anual de las tasas de escorrentía del 5-15% en la década de 2020, y del 9-22% en la década de 2070. Gran parte del cambio en la precipitación va a darse en el transcurso del otoño, el invierno

⁸ IPCC. 2007. *Climate Change 2007: Impacts, Adaptation, and Vulnerability*, M. Parry, O. Canziani, J. Palutikoff, P. van der Linden, C. Hanson (eds.), Cambridge University Press, Cambridge, UK.

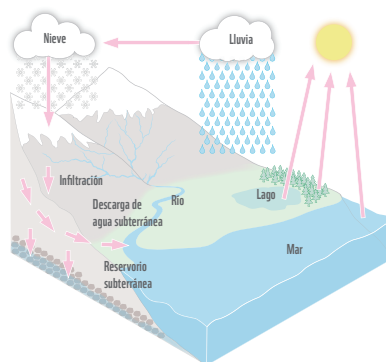
y la primavera, así como en eventos de precipitación más intensos. Como resultado habrá más inundaciones y, paradójicamente, también más sequías.

El desarrollo de respuestas adecuadas a estas nuevas e inciertas amenazas representa un serio desafío para los responsables de la toma de decisiones políticas. Como lo informó con pesar un comité de gobierno del Reino Unido: “con el cambio climático habrá más y menos agua.” Incluso en el plano regional, una buena política orientada al futuro, flexible, proactiva y sostenible va a ser difícil de desarrollar, y va a depender de que se tenga una concepción clara de la vulnerabilidad y la incertidumbre de los pronósticos de los modelos climáticos.



Calidad, cantidad y estacionalidad del agua

Todos los efectos del clima sobre el agua dulce pueden describirse por sus consecuencias en la calidad del agua (oligotróficos vs eutróficos, pH, etc.), la cantidad o el volumen de agua, y la estacionalidad del agua (la estacionalidad de la variación normal de agua como, por ejemplo, una inundación en primavera tras el derretimiento de un manto de nieve a una gran altitud). Estos tres tipos de consecuencias están profundamente interconectadas. Una alteración de la estacionalidad del agua, por ejemplo, podría reducir o aumentar la intensidad de los caudales “normales” de la estación seca.



El ciclo del agua

El ciclo del agua es complejo y multifacético. La mayor parte del agua dulce accesible para los seres humanos y los ecosistemas proviene, en última instancia, de las precipitaciones, incluyendo las aguas superficiales (lagos, humedales y ríos), las fuentes de agua congelada (mantos de nieve, glaciares), y las aguas subterráneas.

VULNERABILIDADES RELATIVAS: DESARROLLO DE CONTRASTES

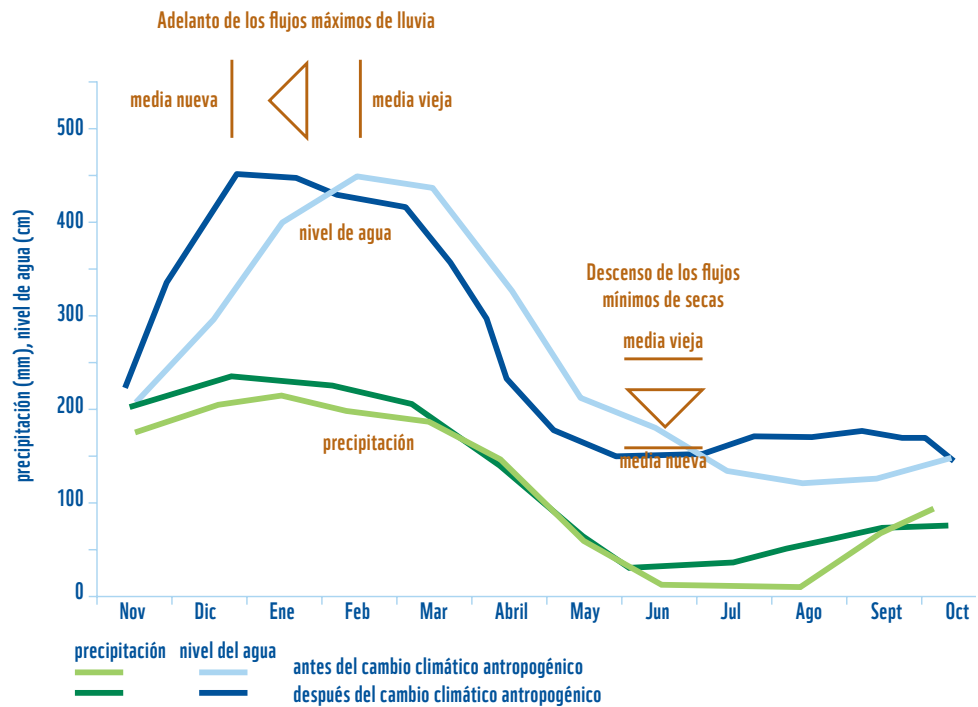
Los tres tipos de impactos pueden utilizarse para describir cómo el clima va a alterar los sistemas dulceacuícolas, pero no describen qué tan vulnerable puede ser un sistema en particular ante cualquier cambio en el clima. Por lo tanto, la evaluación de la vulnerabilidad de un ecosistema dulceacuícola o de cualquiera de sus componentes (como, por ejemplo, las cabeceras versus la llanura aluvial) es muchas veces el objeto de interés clave para los administradores de los recursos. Aquí se busca que la vulnerabilidad describa qué tan afectable y qué tan capaz de recuperarse es un sistema eco-

hidrológico ante la modificación de su entorno climático. Una manera útil de expresar la vulnerabilidad relativa es a través de las comparaciones entre los distintos tipos de ecosistemas dulceacuícolas o entre los distintos usos de esos ecosistemas. La siguiente lista no es de ninguna manera exhaustiva, pero éstos y otros tipos de comparación deberían servir para ilustrar cómo podemos empezar a identificar cuáles sistemas dulceacuícolas son más vulnerables a los cambios del régimen climático local. Es probable que esto sea particularmente importante en un contexto de incertidumbre asociada con el modelaje de los futuros cambios hidrológicos.

Escala: grande versus pequeño. En general, los grandes sistemas son desdeñados simplemente por tener un mayor volumen de base para aceptar las presiones climáticas, en particular, de los fenómenos atmosféricos extremos como las sequías o las inundaciones. Los sistemas pequeños responden más rápidamente, y a menudo en forma más grave (hipoxia, cambio de condición de dulce a salobre o salina, grandes cargas de sedimento).

Variabilidad: permanente versus temporal. Las especies y las actividades económicas que dependen de los recursos dulceacuícolas normalmente temporales o efímeros tienen una mayor probabilidad de aclimatarse a la variabilidad ambiental. Así, es probable que las especies y los medios de vida que dependen de dichos sistemas, como muchos macroinvertebrados acuáticos, grandes vertebrados terrestres migratorios en África oriental, o los ganaderos, tengan una mayor capacidad inherente de adaptación. Sin embargo, las especies y las personas que dependen sobre todo de recursos hídricos “permanentes” pueden ser muy vulnerables ante las variaciones imprevistas en la cantidad, la calidad y la disponibilidad de agua. Es menos probable que hayan vivido o puedan adaptarse a eventos climáticos extremos.

Tiempo de residencia: agua vieja versus agua nueva. La mayor parte del agua dulce proviene, en última instancia, de la precipitación, pero los sistemas varían sustancialmente en el tiempo de residencia de sus aguas. El pantanal de Sudamérica y el delta del Okavango al sur de África, por ejemplo, son enormes humedales que reciben pulsos de agua directamente de la gran precipitación estacional local/regional (“agua nueva”), pero se mantienen a lo largo de sus respectivas estaciones secas a partir de las grandes reservas subterráneas que se forman durante la estación húmeda (“agua vieja”, que cayó semanas o meses antes). De hecho, el agua subterránea es una fuente crítica de agua para los seres humanos en muchas regiones del mundo, aunque el tiempo de residencia –la edad real del agua subterránea que refleja su índice de recarga– no se conoce bien en la mayoría de las regiones. Esta brecha en el conocimiento puede convertirse en un problema grave en las zonas que dependen del agua subterránea de residencia relativamente breve o donde la demanda, ya importante, es creciente.



Modificación de los hidropatrones

La mayor parte de los datos climáticos de la precipitación se presentan en una escala anual, pero este periodo deja de lado elementos importantes de la estacionalidad del agua y del caudal estacional. Así, hidrogramas anuales que muestran la variación “normal” en el régimen de caudal, el hidropetodo o el hidropatrón son mucho más valiosos cuando se trata de comprender cómo los cambios en la estacionalidad o en la forma de la precipitación alteran un ecosistema dulceacuícola dado. Este ejemplo de hidrograma muestra que incluso pequeñas alteraciones en la estacionalidad de la precipitación pueden dar lugar a cambios muy significativos en el régimen de caudal.

En cualquier caso, los sistemas alimentados por los mantos de nieve y las aguas subterráneas deben ser bastante estables, incluso si hay cambios en el calendario de derretimiento de la primavera o en la estacionalidad del monzón, en comparación con los sistemas que dependen sobre todo de agua nueva, especialmente en las regiones áridas y semiáridas. Los sistemas vulnerables ante el clima responden muy rápidamente incluso a pequeñas alteraciones de la estacionalidad, la cantidad, la intensidad y la forma de la precipitación. Los grandes lagos pueden sufrir también cambios en los niveles del agua como resultado de alteraciones incluso muy leves en la estacionalidad y en el equilibrio relativo entre la precipitación y la evaporación.

PARTE B

PRINCIPIOS

Y

PRIORIDADES

¿CÓMO PODEMOS PENSAR EN QUE HACER?

Los impactos del cambio climático antropogénico sobre el agua dulce no van a ser uniformes en todo el mundo ni tampoco universalmente negativos; habrá ganadores y perdedores. Incluso cuando se enfoquen las repercusiones adversas, las diferencias en la vulnerabilidad y en la capacidad de responder a los cambios negativos obligan a hacer una cuidadosa reflexión sobre cómo planificar y priorizar la acción. En esta sección, comentamos los temas especiales aplicables a los cambios climáticos sobre los ecosistemas dulceacuícolas y proponemos la mejor manera de comenzar a adaptarse a las alteraciones climáticas.

¿Las consecuencias del cambio climático sobre el agua dulce tienen características especiales o únicas en relación con otros tipos de ecosistemas? ¿Los efectos sobre los ecosistemas dulceacuícolas nos obligan a pensar de un modo diferente del acostumbrado respecto a los ecosistemas marinos o terrestres? Creemos que es fundamental tener en mente tres tipos de aspectos del cambio climático sobre el agua dulce:

1. Los aspectos del cambio climático que más afectan el agua dulce se asocian a una gran incertidumbre. La confianza en torno a las predicciones de la temperatura del aire ha demostrado ser relativamente alta en comparación con la de muchas otras variables climáticas. Si bien el registro histórico de la precipitación tiene grandes lagunas, ha logrado poco a poco alcanzar un mejor enfoque. Por otra parte, los componentes de la precipitación de los modelos de circulación que los climatólogos utilizan para sus predicciones muestran niveles de confianza mucho más bajos. Es frecuente que las declaraciones más sólidas que podemos hacer sobre el clima futuro se refieran a la simple consistencia entre los propios modelos. Por ejemplo: “más de la mitad de los modelos sugieren que para las próximas dos décadas podemos esperar precipitaciones invernales mayores que las actuales”. Peor aún, muchos modelos en circulación no tienen una resolución temporal o espacial precisa. Puede haber muy poca certeza sobre el clima de mediados de marzo, en un determinado lugar, para dentro de 10, 25 ó 50 años. Por último, los procesos de ampliación y renovación de muchos “colectores” naturales de agua, como los depósitos subterráneos y los mantos de nieve, presentan una gran incertidumbre. Muchas veces no se conocen la tasa ni la capacidad de recarga del agua subterránea y su demanda está escasamente reglamentada; es mucha la incertidumbre respecto a la temperatura que determina si las precipitaciones de invierno caen en forma de nieve o de lluvia; y hay enormes dificultades para evaluar si los mantos de nieve o los glaciares van a disiparse derritiéndose (en forma líquida) o sublimándose o evaporándose directamente en el aire como vapor de agua. Puede esperarse una mejoría en la capacidad de modelaje en los próximos años, pero es probable que siempre tengamos una confianza menor en torno a las variables dulceacuícolas más importantes. La gestión con incertidumbre es una característica definitoria de la adaptación asociada al agua dulce.

2. Rara vez hay agua dulce al margen de la presencia humana: los asentamientos humanos se han situado casi siempre cerca de los recursos dulceacuícolas, y la gente los ha modificado, desarrollado y usado durante mucho tiempo. Hay regiones (el Nilo en África, el Tigris-Éufrates en la Mesopotamia superior, Yemen y Asia Menor, y los ríos de la meseta tibetana, como el Ganges, el Mekong y Yangtsé) que durante miles de años han estado sujetas a una matriz de uso humano intensivo. Hay evidencia reciente de que algunos humedales del este de China fueron alterados para la agricultura hace unos 8,000 años. Las definiciones de uso también varían ampliamente: la comunidad de macroinvertebrados acuáticos de un ecólogo es el abrevadero para el ganado de un ganadero. Pocos cuerpos de agua pueden considerarse “vírgenes” o silvestres, de modo que los esfuerzos para ayudar a estos ecosistemas en el proceso de adaptación al cambio climático deben considerar junto con las comunidades humanas a las ecológicas.
3. Los ecosistemas dulceacuícolas no “terminan” en el límite del agua: muchos de los nutrientes básicos que determinan la salud ecológica de estos ecosistemas proceden del exterior de los propios sistemas: el salmón migratorio lleva nitrógeno del mar abierto a los ríos y los bosques tierra adentro, la escorrentía de las cuencas hidrográficas y las descargas de agua subterránea de los ríos y los lagos mantienen su dotación natural de minerales disueltos, y la caída constante de las hojas y las ramas de la vegetación ribereña aporta gran parte del carbono orgánico de los lagos y los ríos. Incluso en las regiones relativamente húmedas, el agua de la superficie es una rica confluencia de organismos terrestres y acuáticos. Así que los cambios que ocurren más allá de los límites de la zona acuática pueden tener profundos efectos en los ecosistemas dulceacuícolas y viceversa.

¿EN QUÉ CONSISTE LA ADAPTACIÓN AL CLIMA?

Existe la preocupación generalizada, entre los profesionales de la conservación y el desarrollo, de que la adaptación al clima pueda representar una nueva forma de concebir nuestro trabajo, de tal forma que sea necesario darle un giro completo a nuestra visión del mundo. ¿Nuestras herramientas para la gestión de la infraestructura hídrica y las especies acuáticas son inoperantes? Creemos que la mayor parte de la teoría y la práctica actuales para la conservación y el desarrollo sigue siendo pertinente y útil, y que el pasado es una buena guía, aunque no infalible, para el futuro. Debemos mantener una atención plena en la incertidumbre del clima.

El dios romano Jano tenía una cabeza de dos caras: una veía al pasado y la otra al futuro. Creemos que, como Jano, los administradores de los recursos hídricos debemos ser conscientes de la historia del clima y tenerla en mente, pero también debemos mirar hacia el futuro, donde el clima es nuevo, incierto y cambiante. Debemos aceptar que nuestro conocimiento de los recursos hídricos abarca sólo un momento particular de la historia del clima; debemos ser, por consiguiente, humildes respecto a nuestra capacidad de predecir el futuro, y cautos en nuestra gestión de los recursos para las próximas décadas. De hecho, algunas de las catástrofes más importantes en torno al agua pueden haberse originado en una toma de decisiones importantes más bien reactiva o bajo presión, sin haberse tomado el tiempo de reflexionar sobre las implicaciones para la adaptación o la inadaptación de esas decisiones en los futuros administradores de los recursos.

JANO

Jano, el dios romano de dos caras –que ven una al futuro y la otra al pasado– es una buena analogía de cómo deberíamos comenzar a incorporar las tendencias del clima en la gestión de los recursos hídricos: conscientes de los impactos pasados y de la salud del ecosistema, pero no utilizando el pasado como una guía determinista para el futuro y sus nuevos regímenes climáticos.



© PHOTOLIBRARY.COM

El cambio climático no es nada nuevo; el clima de la Tierra ha sufrido grandes cambios miles de veces en el pasado. Este periodo de cambio climático no es el primero por el que pasa el ser humano, y mucho menos la mayoría de las especies existentes. El periodo glacial más reciente, por ejemplo, terminó hace sólo 12,000 años, y desde entonces ha habido también importantes episodios de calentamiento y enfriamiento global, mucho antes de la era industrial de la sociedad humana. En circunstancias históricamente normales, las especies pueden adaptarse a los cambios climáticos, dado el tiempo suficiente.

Las dos respuestas más observadas en las especies silvestres son los cambios de distribución (dónde se encuentra una especie y su abundancia) y los cambios fenológicos (cuándo se producen conductas como la migración, la crianza, el desarrollo, etc. y qué tan rápidamente ocurren). Estas dos respuestas se dan en paralelo con las respuestas humanas al clima y al tiempo: un clima más cálido podría implicar una temporada de

cultivo más prolongada, y que los agricultores cambiaran su selección de cultivos por variedades asociadas a un clima más cálido y seco o a un clima más húmedo (cambio de distribución); o la alteración del calendario agrícola (cambios fenológicos).

Muchos investigadores han argumentado que el cambio climático actual es una amenaza para la subsistencia, la economía y las especies, porque los cambios suceden muy rápidamente. Sin embargo, si se consideran los estándares de cambios significativos en el régimen climático de los últimos millones de años, entonces este punto de vista resulta incorrecto. Algunas transiciones glaciales-interglaciales ocurrieron en sólo unas cuantas décadas. En cambio, hay tres razones importantes por las que nuestro actual periodo de cambio climático se distingue notablemente de periodos anteriores.

En primer lugar, la emisión de gases de efecto invernadero originada por el hombre es el principal agente impulsor de los cambios globales. En segundo lugar, los seres humanos han alterado sustancialmente el paisaje, trasladando especies de aquí para allá (lo que facilita las invasiones de especies), fragmentando el hábitat, afectando la calidad ambiental con la contaminación, y sobre-explotando especies silvestres, entre otros. De manera muy significativa, hemos construido una gran cantidad de infraestructura “dura” para la gestión del agua, como las presas, los pozos, las plantas de tratamiento de aguas residuales y los sistemas de riego. Muchas veces esta infraestructura ha alterado profundamente el paisaje acuático –incluyendo la colocación de barreras que quizás impiden que las especies modifiquen su distribución –, y ésta casi siempre se construyó y se gestiona con muchos supuestos tácitos sobre la estabilidad y la estacionalidad del clima. En tercer lugar, el grado de calentamiento actual no se ha visto en muchos cientos de miles de años o, muy probablemente, en varios millones de años. De aquí que muchas de las especies existentes no tengan experiencia ecológica o genética con condiciones climáticas emergentes.

El efecto acumulativo de estos tres factores es que la adaptación natural y automática al clima es ahora más difícil de lo que lo fue durante las alteraciones climáticas anteriores. Hemos reducido la capacidad de la mayoría de los organismos para responder fácilmente al cambio.

En muchos casos, hemos creado condiciones que van a traducirse en una adaptación menos exitosa, o incluso en una inadaptación, y en repercusiones negativas sobre la humanidad y otras especies. Las consecuencias de la exposición de las especies a regímenes climáticos completamente novedosos no pueden determinarse. Por supuesto, las sociedades humanas son mucho más complejas que hace 12,000 años, pero esta complejidad puede, de suyo, conllevar tanto dificultades como oportunidades para la adaptación a las alteraciones climáticas.

Dado el alto grado de incertidumbre en torno a los recursos dulceacuícolas y la cantidad de infraestructura física construida en torno a determinadas formas de organizarnos, debemos ser a la vez social y ecológicamente adaptables. Es decir, debemos ser capaces de reorganizarnos para afrontar los nuevos retos y las nuevas oportunidades. Las zonas bajas y los esteros, por ejemplo, probablemente presencien un significativo aumento del nivel del mar, que podría inundar las grandes ciudades y otras zonas urbanizadas. Mucha gente estará en movimiento y tendrá lugar un desplazamiento de la distribución humana. Debemos ser capaces de reabsorber a esta gente brindándole nuevas capacidades y funciones, incluso cuando cruce las fronteras ecológicas y nacionales.

Es más, es probable que aún cuando las poblaciones humanas permanezcan físicamente en su lugar, sea necesario cambiar de conducta. Por ejemplo, si la tendencia de la precipitación es a disminuir, los agricultores deberán sembrar cultivos que requieran



© K. SCHAFER / WWF-CANON

Las consecuencias climáticas sobre las especies de los ecosistemas dulceacuícolas son complejas, múltiples y difíciles de predecir. En el oeste de América del Norte, los salmónidos parecen estar variando su rango de distribución entre las cuencas (al pasarse de un sistema fluvial a otro) y dentro de las cuencas (de regiones más cálidas aguas abajo a las regiones más frías de los altos subafluentes). Estas respuestas pueden ser variaciones fisiológicas directas (peces aislados evitando temperaturas más elevadas), respuestas indirectas (los peces están rastreando alteraciones en la gama de especies adversarias, depredadoras y de rapiña) o una combinación de estos factores. En los organismos migratorios como el salmón, el propio calendario de migración puede estar cambiando, lo que representa una respuesta fenológica al cambio climático.

agua con menor intensidad o que puedan regarse más eficientemente, y es posible que el consumo urbano e industrial de agua deba reducirse.

El cambio climático, y en particular sus repercusiones sobre los ecosistemas dulceacuícolas, está asociado a un rango de incertidumbre que va de medio a alto. Las proyecciones y los modelos sólo pueden justificar la poca confianza que hay en las consecuencias previstas por lo que las instituciones que rigen el uso del agua y su gestión deben centrarse más bien en el proceso de toma de decisiones como un proceso de adaptación en sí mismo. Por ejemplo, se prevé que el suroeste de EEUU y el norte de México se van a volver mucho más secos de lo que fueron en el pasado reciente, mientras que el noreste de EEUU y el sudeste de Canadá van a ser mucho más húmedos. No hay proyecciones muy confiables en las que caiga la línea media entre la reducción y el aumento de la precipitación, de modo que las instituciones que gestionan el agua a lo largo de una amplia franja en la región central de EEUU deben administrar sus recursos hídricos tanto si esperan más agua como si esperan menos agua. Asimismo, deben instrumentar un proceso de “actualización” de sus instituciones con los más recientes avances de la ciencia del clima regional. Para ver la situación desde una perspectiva ligeramente diferente, su estrategia de adaptación al cambio climático debería ser no descartar una serie de escenarios de adaptación mientras las tendencias climáticas no sean más claras y certeras. Esta flexibilidad y esta capacidad de respuesta están en el núcleo de la adaptación al clima.

¿EN QUÉ NO CONSISTE LA ADAPTACIÓN AL CLIMA?

Hay dos aspectos que, de no adaptarse eficazmente, resultan riesgosos. El primero es el riesgo de la simple ignorancia; el riesgo derivado de no preguntarnos si nuestras políticas y nuestras acciones van a continuar siendo pertinentes y eficaces, dado lo que está ocurriendo y lo que probablemente va a ocurrir.

Estamos viviendo una época en la que en casi todas las regiones del mundo las repercusiones del cambio climático que ya se dieron son relativamente mínimas junto a las consecuencias potenciales y las previstas para el resto del siglo y para más adelante. Tenemos, pues, indicios de la forma de lo que vendrá, así como algunos modelos que estiman los límites superior e inferior de una serie de nuevos climas por los que vamos a pasar. Aún considerando el grado de incertidumbre asociada con la evaluación de los futuros impactos, por lo general tenemos ciertos medios para clasificar las probabilidades relativas. Por lo tanto, debemos habilitar un proceso continuo que considere la relevancia climática de nuestro comportamiento y nuestros planes.

El segundo aspecto riesgoso de no adaptarse adecuadamente al cambio climático es potencialmente más grave: se trata del peligro de que nuestras acciones sean contraproducentes para la adaptación y limiten de manera considerable nuestras opciones en el futuro. Puesto que el clima va a estar cambiando por décadas, incluso ante nuestros mejores intentos de controlar la emisión de gases de efecto invernadero, algunas de nuestras acciones actuales pueden limitar, de hecho, nuestra habilidad para adaptarnos a las condiciones climáticas del futuro. Por ejemplo, algunas comunidades o naciones pueden responder a las inundaciones más frecuentes con la construcción de diques que canalicen los ríos, o diseñando sistemas de gran capacidad para albergar las aguas torrenciales, reduciendo así las amenazas a las zonas urbanas. Sin un examen cuidadoso, estas respuestas pueden simplemente transferir aguas abajo el problema de los eventos de precipitación extremos, y descomponer la calidad del agua para las personas y las especies. Invertir en el aumento del volumen de almacenamiento de agua puede alentar a las sociedades al despilfarro en el uso del agua justo en el momento en que necesitan adaptarse a una mayor variabilidad en su suministro. Las inversiones en grandes proyectos de infraestructura “dura” para afrontar el cambio de los patrones de inundación o de abastecimiento de agua pueden ser, con mucho, menos redituables que encontrar formas de trabajar con los sistemas naturales (infraestructura “blanda”) o reducir la demanda para lograr los mismos beneficios.



© ISTOCK

El Río Colorado ha sido durante más de un siglo fuente de debate sobre la gestión regional e internacional del agua. No obstante, los arreglos conjuntos para distribuir el agua en EEUU y entre EEUU y México han hecho caso omiso de las alteraciones del clima impulsadas en la eco-hidrología de la cuenca de este río.

El Pacto del Río Colorado: ¿la planificación a largo plazo se desvió?

El Río Colorado, en las áridas tierras del suroeste de EEUU, ha sido una importante fuente de agua a lo largo de una vasta región. El primer Pacto en torno a este río se negoció en 1922 y en él se asignaron los recursos hídricos con base en datos del caudal y la precipitación de tan sólo unas cuantas décadas. Este primer Pacto también refleja una época de planificación que dio por supuesto que el agua que llegó al estuario y al océano se había “desperdiciado”, perdido para las ciudades en crecimiento de la región y para el rápido crecimiento de una muy redituable agricultura irrigando un desierto.

Aunque hubo muchas desigualdades en el Pacto original, y la historia del clima –por la que se determinaron caudales aceptables– se basó en datos deficientes y limitados, el Pacto funcionó más o menos intacto hasta la negociación de un nuevo acuerdo provisional en diciembre de 2007, destinado a servir hasta 2026. Los negociadores de este Pacto hacían frente a un conjunto de necesidades y demandas muy diferentes a las del siglo anterior en la región, pero no incluyeron los modelos climáticos de la disponibilidad cambiante –o la estacionalidad también cambiante– del agua, quizás porque los asociaron a una gran incertidumbre y porque presentaban alternativas difíciles. En cambio, enfocaron sus

esfuerzos sólo en la actualización de la historia reciente del clima y el registro del caudal del Colorado.

Los modelos climáticos más recientes revelan una gran probabilidad de que esta región entre en un periodo de sequía severa como no se ha visto desde hace varios siglos ni se refleja en los datos hidrológicos disponibles. El nuevo Pacto puede ya no ser pertinente y contravenir la adaptación, además de suscitar –dada la amenaza de una sequía severa que pudiera provocar demandas de los interesados – conflictos interestatales y la necesidad de desarrollar muy pronto un tercer pacto desde la perspectiva del clima.

IDENTIFICACIÓN DE LA VULNERABILIDAD Y ACEPTACIÓN DE LA INCERTIDUMBRE

Gran parte del trabajo invertido en desarrollar una estrategia de adaptación climática se enfoca en evaluar la susceptibilidad y la vulnerabilidad eco-hidrológica y económica de un sistema dado ante los cambios del clima. Mucha de la atención técnica se centra en identificar las respuestas, en el plano de los ecosistemas, a elementos climáticos específicos, como un descenso en la precipitación de finales del verano o un aumento en las temperaturas mínimas de invierno. Como resultado, la mayoría de las evaluaciones de la vulnerabilidad se clasifican como la identificación de alteraciones climáticas específicas y el desarrollo de respuestas del sistema.

Hay algo que debe ser dicho para que este enfoque sea útil: si se cuenta con los recursos financieros y científicos suficientes, habría que hacer una evaluación formal de la vulnerabilidad –de las consecuencias ya dadas y las potenciales sobre un sistema de interés – que resuma el estado del conocimiento en un momento dado. Las evaluaciones formales tienen la ventaja de poder centrarse en cuestiones específicas; pueden cuantificar (o al menos delimitar) el grado de incertidumbre y de confianza del clima, y pueden actualizarse y re-evaluarse conforme se dispone de un mayor conocimiento. Deberían convertirse en un importante instrumento para la planificación y para contener los mejores datos disponibles. Idealmente, deberían también identificar las oportunidades y los riesgos climáticos, distinguir entre los efectos potenciales y los ocurridos, e identificar dónde ya se está dando la adaptación al cambio climático en los ecosistemas, las especies, las sociedades y las economías.

Sin embargo, un enfoque que ponga énfasis en la sola aplicación determinista de modelos físicos y ecológicos puede limitar el “problema” del cambio climático antropogénico al simple desarrollo de una lista de efectos y respuestas –lo que puede llamarse “reflexión sobre los efectos”. Recomendamos un enfoque orientado a un proceso de contrastes – “reflexión sobre la vulnerabilidad”–, que promueva la flexibilidad, la planificación a largo plazo y la supervisión, así como la gestión adaptativa.

Las variaciones climáticas ya están siendo, o pronto van a ser, lo bastante significativas como para que se justifique reconsiderar cómo funciona la mayoría de las instituciones humanas en relación con los ecosistemas en los que están incluidas. La capacidad de estas instituciones para responder eficazmente va a determinar la medida en que el cambio climático tenga –o no tenga – consecuencias sociales y ecológicas perjudiciales. Muchas de las evaluaciones en curso de la vulnerabilidad no consideran este hecho. Puesto que la confianza en las variaciones específicas que ocurren en un determinado lugar por un cierto periodo es generalmente baja, las estrategias con base en la creación de modelos físicos y ecológicos podrían llevar a una falsa confianza en el conjunto de las posibles consecuencias y respuestas. En realidad, una evaluación integral de los impactos podría permitir reducir la incertidumbre respecto de los índices de evapotranspiración o de la frecuencia de los fenómenos atmosféricos extremos, pero no va a permitir formular un solo conjunto claro de recomendaciones para la gestión. Esto es lo que genera la brecha de la incertidumbre.

Creemos que una evaluación de la vulnerabilidad del agua dulce necesita incluir en su núcleo dos elementos relacionados con la modelación física y ecológica. En primer lugar, debe aceptar la incertidumbre del camino hacia las respuestas recomendadas. Esto puede implicar la necesidad de un enfoque que considere la futura incertidumbre mediante el desarrollo de situaciones climáticas emergentes con atributos cualitativos contrastantes,

más que de escenarios cuantitativos deterministas e insistentemente recortados. En segundo lugar, debe evaluar la capacidad de recuperación tanto de los sistemas naturales como de los institucionales. Es esta flexibilidad la que, en última instancia, va a determinar qué tan capaces son los sistemas de responder, y en dónde van a manifestarse las consecuencias; en otras palabras, en dónde hay vulnerabilidad.

La evaluación de la vulnerabilidad debe convertirse en un proceso continuo y regular, más que en eventos episódicos aislados. Así, uno de los resultados de la evaluación de la vulnerabilidad debe ser el énfasis en el desarrollo de procesos y métodos institucionales para: a) reducir las áreas de incertidumbre que dicha evaluación haya revelado y b) identificar las lagunas de la propia institución que inhiben la flexibilidad en la conciencia climática. Al reconocer la incertidumbre en las proyecciones del clima, podemos modificar nuestras instituciones de gestión del agua para hacerle frente. Estas dos tareas son el núcleo de “reflexión para la adaptación” como una extensión de la “reflexión sobre los impactos”.

¿Cómo debemos priorizar las consecuencias por su certeza relativa?

Los conceptos de vulnerabilidad deberían incorporarse de manera práctica en todos los aspectos de la planificación de los recursos hídricos, incluso en ausencia de una evaluación formal de la vulnerabilidad. Mediante una serie de preguntas de enfoque, puede lograrse un esquema eficaz para captar el estado del conocimiento y el grado de incertidumbre:

¿Qué sabemos de lo que ya le está ocurriendo al sistema en cuestión? Por ejemplo, un análisis de la tendencia histórica en las últimas décadas puede revelar que la altura pico del caudal de los ríos está bajando, y que esto ocurre a principios de la primavera. Éste es un efecto conocido y verificable. Al mismo tiempo, también podríamos saber que el desarrollo de infraestructura ha tenido consecuencias significativas sobre la conectividad de las especies silvestres y una reducción concomitante en los medios de vida orientados a la pesca.

¿Qué sabemos de lo que le va a pasar al sistema? El aumento de las temperaturas va a acelerarse, con la consiguiente alteración del régimen de caudal en la primavera. Las temperaturas más altas también van a aumentar la demanda de agua de los cultivos existentes y a la par con el ulterior desarrollo urbano, la demanda en los sistemas dulceacuícolas.

¿Qué consideramos, con razonable certeza, que va a ocurrir? Es probable que cambien los patrones de la precipitación; la disminución de los caudales bajos puede llevar a condiciones híper-eutróficas y aumentar significativamente el costo del tratamiento del agua. El desarrollo de escenarios con las series de consecuencias catastróficas potenciales, aunque sean poco probables, puede ser útil para este conjunto de cuestiones. Por ejemplo, la mayoría de los modelos climáticos proyecta alteraciones graduales y persistentes del clima, pero el registro climático sugiere que muchos de los grandes cambios de régimen se producen paso a paso –en periodos de estabilidad relativa, separados por una rápida transición. El cambio repentino de nivel de estado que se produjera a lo largo de una o dos décadas, presentaría un tipo de cambio bastante diferente de las alteraciones lentas y graduales.

PARTE C

¿QUÉ SE PUEDE HACER PARA RESPONDER AL CAMBIO CLIMÁTICO?

¿QUÉ SE PUEDE HACER PARA RESPONDER AL CAMBIO CLIMÁTICO?

Tenemos dos propuestas muy generales para apoyar las iniciativas de adaptación al clima. La primera es aplicable incluso si no se emprende ninguna otra acción: apoyar los esfuerzos de mitigación del clima para reducir la tasa de emisión de gases de efecto invernadero. Esta propuesta refleja simplemente la necesidad de reducir la tasa del cambio climático para darles a las especies y a las sociedades humanas más tiempo para adaptarse. Sin embargo, la Tierra está ahora sujeta a un tren de cambios en el clima que va a abarcar las próximas décadas, incluso si se pusiera un fin inmediato a toda emisión de gases de

efecto invernadero. Entonces, idealmente debemos considerar la necesidad de contar con políticas más específicas para la adaptación climática.

La segunda propuesta general de adaptación al clima es mantener la flexibilidad para no limitar prematuramente la acción futura. En la práctica ésta es una norma difícil de seguir. A veces las decisiones se ven forzadas y determinadas al momento, u otras prioridades reemplazan las estrategias de adaptación. De hecho, las decisiones para el desarrollo y la conservación rara vez se toman con total confianza y pleno conocimiento de las circunstancias. Sin embargo, la flexibilidad implica reconocer que los sistemas de gestión de agua contienen redundancias; que las instituciones son capaces de monitorear las variables importantes que funcionan como indicadores tanto sociales como de ecosistemas; que las instituciones pueden ampliar su conocimiento y ajustar sus políticas, así como responder a nueva información; y que la toma de decisiones es tanto descentralizada (se produce a escalas que son relevantes para las condiciones del microclima) como coordinada (de modo que la región de una cuenca no esté yendo en contra de otra).

Esta segunda propuesta subyace en varios de los siguientes ocho componentes de la adaptación climática dulceacuícola. Esta lista de recomendaciones no es de ninguna manera exhaustiva, ni todos sus elementos son aplicables en todos los casos. Hay también una importante interacción entre sus distintos elementos. Pero debe servir para describir en general la forma en que la adaptación dulceacuícola al clima es a la vez semejante a –y diferente de– los enfoques actuales de la gestión hídrica, así como de la adaptación en otros ecosistemas.

1. Desarrollar la capacidad institucional. El desarrollo de una capacidad institucional robusta debe verse como la tarea más importante para facilitar la adaptación exitosa al cambio climático en los ecosistemas dulceacuícolas. Las acciones necesarias para lograr semejante adaptación dependen de que exista una capacidad institucional adecuada. Las funciones que se van a requerir de las instituciones de gestión hídrica incluyen el control y la vigilancia del uso legal y el uso ilegal del agua, el monitoreo y la evaluación de los actuales cambios físicos y biofísicos en los ecosistemas dulceacuícolas, el control y el refuerzo de las acciones preventivas de la contaminación, y la regulación del desarrollo y la operación de la infraestructura hídrica.

Ninguna de estas tareas es sencilla y cada una requiere refinadas habilidades técnicas, financieras y sociales a diferentes escalas –desde sólidos ministerios nacionales del agua, bien gobernados, pasando por departamentos regionales y consejos de las cuencas, hasta las oficinas locales de las cuencas de los ríos y las asociaciones de usuarios del agua. En todos estos casos, las instituciones deben cumplir sus funciones con independencia y al margen de interferencias indebidas, corrupción o confinamiento

local. Una gestión pública eficaz es, a todas luces, tema fundamental en el desarrollo de la capacidad institucional.

La realidad contemporánea está muy lejos de cumplir estas condiciones. En su gran mayoría, las instituciones de gestión hídrica del mundo entero son débiles, carecen de recursos y están sujetas a la influencia de poderosos intereses creados. A menos que, y hasta que, se dediquen muchos más recursos al desarrollo de, y el apoyo a, sólidas instituciones de gestión hídrica, la adaptación adecuada y controlada al cambio climático va a ser difícil.

2. Crear sistemas y acuerdos de asignación flexibles. Las repercusiones más profundas del cambio climático sobre los ecosistemas dulceacuícolas van a derivarse de los cambios en la precipitación. Muchas veces esto va a reducir la cantidad de agua disponible, ya sea en el total anual o en determinados periodos críticos. Si se han de proteger los ecosistemas, así como importantes usos sociales y económicos del agua, es necesario que los patrones de uso del agua se adapten a estos cambios anuales o estacionales en la disponibilidad de agua.

Salvo raras excepciones, el uso del agua en todo el mundo y en toda circunstancia se rige por sistemas de asignación o de derechos, que determinan quién está autorizado a tomar agua de un sistema dado, cuándo y en qué cantidad. Los sistemas de asignación determinan, ya sea explícita o implícitamente, cuánta agua se retiene, o no, para los ecosistemas. Los sistemas de asignación pueden adoptar diversas formas, entre las que están los sistemas formales basados en las leyes nacionales para el agua, los sistemas informales y los tradicionales, o una combinación de estos tipos.⁹ (9 Le Quesne T., et al. 2007. La asignación de agua cuando es escasa: Guía sobre la asignación, los derechos y los mercados de agua. Serie Hídrica WWF Vol.1) El tipo de sistema de asignación y, en particular, aquel que sea lo bastante flexible como para poder responder a los cambios en la disponibilidad de agua, será esencial para expresar las respuestas sociales al cambio climático.

Muchos sistemas de asignación ya cuentan con mecanismos para hacer frente a los índices actuales de cambio en la disponibilidad de agua. Por ejemplo, puede reconocerse la diferente prioridad de los distintos usuarios y usos del agua, de modo que cuando se reduzca su disponibilidad, pueda restringirse su uso por los usuarios de menor prioridad para proteger los usos de mayor prioridad. En una situación ideal, las necesidades sociales y ambientales básicas tendrían la más alta prioridad, seguidas de las actividades económicas esenciales (por ejemplo, el agua de refrigeración para las centrales eléctricas). Tendría que haber también mecanismos que permitieran asignar o reasignar el agua restante a las actividades económicas adecuadas. La presencia de un sistema de asignación de agua que protege los caudales ecológicos esenciales y las necesidades sociales, al tiempo que permite flexibilidad en el uso económico del agua, contribuye a responder a los cambios en la disponibilidad de agua propiciados por el clima. En muchos casos, las propias expectativas de la disponibilidad del agua deben ser flexibles, ya sea por temporada (estación seca vs. estación húmeda) o por episodio (condiciones promedio vs. sequías).

En realidad, por el momento son pocos los lugares donde los sistemas son flexibles. Lo más frecuente es que, en condiciones de escasez de agua, ésta se asigne no a

⁹ Le Quesne T., et al. 2007. *La asignación de agua cuando es escasa: Guía sobre la asignación, los derechos y los mercados de agua. Serie Hídrica WWF Vol.1*

las prioridades sociales y ambientales, sino más bien a un subconjunto particular de usuarios que puede, por ejemplo, tener los más antiguos títulos de derechos de agua, como sucede en algunas partes de EEUU. En muchos contextos, el agua simplemente se asigna, legal o ilegalmente, a los grupos con mayor poder político o se apropian de ella los usuarios de aguas arriba sobre los de aguas abajo.

Cuestiones similares se aplican a los tratados de agua entre las provincias, los estados o las naciones. Estos tratados acostumbran distribuir el agua entre las cuencas con base en supuestos sobre la disponibilidad del agua derivados de los patrones de precipitación históricos. Si la cantidad de agua disponible cambia, mientras que las disposiciones de los tratados permanecen estáticas, se puede dar lugar a un exceso de extracción de agua que afecte los ecosistemas o la satisfacción de las necesidades de agua de la sociedad. En algunos casos pueden suscitarse incluso conflictos e inestabilidad política.

3. Reducir las presiones externas ajenas al clima. Los ecosistemas dulceacuícolas y las especies han enfrentado, a lo largo de mucho tiempo, severas amenazas no relacionadas con el cambio climático antropogénico, como la contaminación del agua, las especies exóticas invasoras, la pesca excesiva o las consecuencias negativas de los cambios en el uso de la tierra como la tala de bosques ribereños. La presencia de tantas presiones ajenas al clima es uno de los componentes más novedosos de esta era de cambio climático. Las alteraciones climáticas del pasado no coincidían con semejantes amenazas (y desde luego no con todas a la vez), y estas presiones externas disminuyen la capacidad natural de adaptación de los sistemas silvestres y humanos. En muchos casos, creemos que reducir las presiones ajenas al clima significa hacer lo que ya sabemos que se debe hacer y deberíamos estar haciendo, pero con más urgencia y eficacia.

Por ejemplo, la contaminación por nutrientes es un problema mundial. Muchos ecosistemas dulceacuícolas han estado históricamente limitados en su “productividad” (en la abundancia y la biomasa de los organismos que viven en estos sistemas) por la escasez de nutrientes. Para las algas y las plantas, los nutrientes como el fósforo y el nitrógeno han limitado su biomasa relativa. Estos sistemas “oligotróficos” suelen tener agua clara, en contraste con los sistemas “eutróficos”, que tienden a tener una tal abundancia de plantas y algas, que incluso pueden sofocar a organismos de otros tipos y alterar por completo la biogeoquímica del cuerpo de agua.

Para la mayoría de las personas, las condiciones eutróficas se asocian con una baja calidad del agua. Sin embargo, con la llegada de fertilizantes químicos baratos y la gran concentración de seres humanos, y sus aguas residuales, cerca de los ecosistemas dulceacuícolas, muchos sistemas oligotróficos entran más frecuente y prolongadamente que antes en condiciones eutróficas. El aire más cálido y la temperatura del agua agravan el problema. El daño a los ecosistemas se produce precisamente por los efectos combinados de la contaminación y las temperaturas cambiantes del agua. La gestión de la escorrentía agrícola y el tratamiento eficaz de las aguas residuales puede ayudar a reducir los flujos concentrados de nutrientes y a mejorar sustancialmente la calidad del agua, incrementando la capacidad de adaptación climática de estos ecosistemas.

4. Ayudar a las especies, a las comunidades humanas y a las economías a modificar sus rangos de distribución. Para la mayoría de las especies, el uso de la conectividad del paisaje por la vía de la alteración de la distribución es una estrategia crítica para responder al cambio climático. Por ejemplo, una determinada especie puede reproducirse en áreas muy específicas que pueden estar a salvo de la contaminación y mantener una buena calidad del hábitat. Con la temperatura y los

regímenes de precipitación cambiantes, sin embargo, esas especies pueden verse forzadas a trasladarse a altitudes más elevadas y más frías, o aguas abajo, si es que las cabeceras de los ríos se vuelven más efímeras. Pensar en la conectividad en términos de conciencia del clima requiere cerciorarse de que todos los componentes de un sistema estén relativamente libres de contaminación y no opongan importantes barreras físicas a los movimientos. Estos movimientos pueden hacerlos individuos (dentro de los movimientos generacionales), por ejemplo, desplazándose a las partes más frescas de un mismo cuerpo de agua, como aquellas donde el agua es más profunda, o moviéndose aguas arriba hacia las cabeceras. También pueden ocurrir a lo largo de la vida de varios individuos (movimientos trans-generacionales), como por ejemplo, mediante el proceso de colonización de nuevos hábitats acuáticos.

Los seres humanos también respondieron a las alteraciones climáticas del pasado, cambiando de residencia para realizar sus actividades, como los pescadores que se trasladaron a cuerpos de agua permanentes con una población de peces cada vez más segura. En algunos casos, los emisores de las políticas pueden requerir trabajar con las comunidades locales, y los gestores de los recursos con grupos de medios de vida, asistiéndolos en el proceso de modificar su distribución o la periodicidad de su comportamiento para ampliar su capacidad de adaptación.

5. Analizar cuidadosamente el desarrollo de infraestructura y la gestión del agua. Los nuevos mecanismos para el riego, la energía hidroeléctrica o el control de las inundaciones, diseñadas con base en la historia reciente del clima y bajo el supuesto de que un sistema hidrológico dado es “estable”, pueden no proporcionar a largo plazo los servicios esperados. La incertidumbre respecto a la futura hidrología, un parámetro clave de la viabilidad de la infraestructura, está surgiendo como un gran desafío en la planificación de la infraestructura y la ingeniería. Por ejemplo, el caudal de la corriente de un río puede ser mucho mayor conforme aumente la frecuencia de los eventos de precipitación extremos que amenacen la seguridad misma de la estructura. También pueden decaer o venirse abajo conforme el manto de nieve y los glaciares en una región de cabeceras se sublimen en la atmósfera en vez de derretirse en la cuenca. Una central hidroeléctrica basada en el registro de caudales del siglo pasado pronto puede resultar excedida o estrecha en su diseño.

Al construir estructuras “equivocadas” o al no modificar las estructuras existentes, podemos en realidad estar limitando nuestras futuras opciones para la adaptación climática. Los planificadores deben pensar tanto en la forma que el cambio climático le va a dar a la “oferta” de agua en términos de los futuros caudales de los ríos (y las alteraciones de su media y su variabilidad), como en la demanda de servicios de agua ¿Puede reducirse la demanda de energía con una mayor eficiencia, más que con una mayor generación? ¿Puede cambiarse la selección de cultivos por variedades que requieran menos agua? Algunas repercusiones del clima pueden no ser directas o evidentes. Por ejemplo, las zonas agrícolas aguas arriba pueden necesitar extraer más agua para hacer frente al incremento de la evapotranspiración, lo que significa que esta agua no estará disponible para las presas aguas abajo. En efecto, la evaporación de la superficie del embalse ya consume 10-20% de la escorrentía total en muchas cuencas áridas, como la del Nilo, la del Colorado y la del Zambezi, y es casi seguro que ésta va a seguir aumentando. Al crear un aparente incremento en la seguridad del suministro, el incremento de la infraestructura puede dar lugar a un aumento de las actividades que consumen agua, con el subsecuente incremento, y no disminución, de la vulnerabilidad de las sociedades ante la futura variabilidad hidrológica.

Idealmente, la infraestructura hídrica debe convertirse en una herramienta que facilite la adaptación al cambio, tanto de las especies silvestres como de las comunidades humanas. La infraestructura hídrica y su gestión deben considerarse de manera estratégica, sobre escalas temporales relevantes para el clima, y escalas espaciales de toda la cuenca. Considerando el monto de la inversión financiera comprometida en el desarrollo de una gran infraestructura, las repercusiones negativas sobre los ecosistemas y las comunidades locales asociadas con frecuencia a dicho desarrollo, y la incertidumbre respecto del clima, que plantea un desafío a los diseñadores, los planificadores harían bien en hacer cálculos conservadores de la oferta y cálculos agresivos de la demanda.

6. Instituir políticas sostenibles de gestión de las inundaciones. Es probable que el cambio climático conlleve el incremento de fenómenos climáticos extremos. Es probable, por consiguiente, que en muchas partes del mundo conlleve también un incremento del riesgo de inundación. En el contexto de los patrones cambiantes de la precipitación, la construcción de defensas ingenieriles por sí sola va a ser probablemente insuficiente y, en ocasiones, puede incluso agravar el problema: hay un riesgo creciente de que las defensas basadas en los patrones de precipitación histórica se vean rebasadas, y se provoquen daños muy significativos.

La gestión sostenible de las inundaciones requiere un enfoque integrado. Busca reducir el riesgo de inundación entendiendo cómo se mueven las inundaciones entre las cuencas de captación, desarrollando estrategias de reducción del riesgo que contengan proyectos para retener el agua en las tierras altas, y usando las llanuras aluviales y los humedales para atenuar los picos de las crecidas. Junto a estas medidas, la gestión sostenible de las inundaciones busca asegurar que las comunidades humanas sean tan flexibles como sea posible ante los riesgos de inundación; por ejemplo, que eviten ubicar nuevos conjuntos residenciales en zonas de alto riesgo y que garanticen que todas las comunidades vulnerables puedan recuperarse de una inundación.

7. Apoyar a un gobierno consciente del clima y el desarrollo de la planificación. Muchas de las decisiones económicas y sociales de la planificación gubernamental incluyen supuestos acerca de la disponibilidad futura de agua. Más significativamente, en particular las estrategias de desarrollo agrícola presuponen una cierta disponibilidad del agua o determinadas condiciones climáticas. De modo semejante, el desarrollo de las plantas industriales y los planes para el futuro crecimiento de los centros urbanos se fundamentan en supuestos sobre la disponibilidad del agua, ya sea en un nivel de escala anual absoluto, ya durante ciertas estaciones, o en relación con la frecuencia de las inundaciones y las sequías a medida que aumenta la variabilidad del clima. Si esta planificación no toma en cuenta las evaluaciones de la cambiante disponibilidad del agua, se corre el grave riesgo de que sobrevengan consecuencias sociales y económicas adversas, en el caso de que el agua disponible llegara a ser insuficiente para apoyar las actividades sociales o económicas planeadas.

8. Mejorar la capacidad de vigilancia y de respuesta. La evaluación de la vulnerabilidad captura idealmente el más preciso estado del conocimiento de las consecuencias del cambio climático, ya ocurridas y potenciales, en un sistema humano o natural de interés. También idealmente, dichas evaluaciones indican los límites de ese conocimiento y señalan en dónde persiste la incertidumbre. Una implicación clave de dicha “incertidumbre delimitada” es el desarrollo de procesos institucionales para detectar tendencias, abarcar las áreas de conocimiento limitado y determinar

respuestas institucionales adecuadas. Estos mecanismos implican, a su vez, que la evaluación de la vulnerabilidad y la rápida distribución de ese conocimiento sean, en la planificación y las propias instituciones de gestión, parte intrínseca de sus procesos cotidianos.

En términos prácticos, mejorar el monitoreo significa identificar las variables hidrológicas, ecológicas y sociales que puedan servir de indicadores de alerta temprana de las alteraciones en las características importantes del sistema de interés. Estos cambios pueden ser efectos a corto plazo, como las sequías, o pueden ser más complejos, como una alteración del número promedio de días de calor excesivo para una especie en peligro de extinción de peces de agua fría. Algunos índices de caudal o de la densidad de la población de especies clave pueden ser los detonadores que lleven a intervenir directamente o a modificar la planificación o el diseño de las políticas; por ejemplo, a la necesidad de revisar el proceso de evaluación de los caudales ecológicos de una vasta cuenca. La planificación de escenarios para responder anticipadamente a situaciones de gran tensión, como las inundaciones repentinas, es también crítica para poder desarrollar y negociar, con el conflicto mínimo posible, respuestas correctas.

LECTURAS ADICIONALES

Intergovernmental Panel on Climate Change (2007). “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 and C. E. Hanson, Eds., Cambridge University Press, Cambridge, UK, 976 pp.

Este volumen presenta el estado de los hallazgos del IPCC sobre los efectos del clima a partir de 2007 y comprende extensamente el debate de las cuestiones transversales y regionales relativas a los efectos climáticos. La estrategia de adaptación no está bien cubierta; mientras que un capítulo se centra en los recursos dulceacuícolas (actualizado más adelante), muchas de sus secciones están directamente relacionadas con los ecosistemas dulceacuícolas y su gestión. Este volumen es muy superior al Resumen para los responsables de la formulación de las políticas, al que se hace referencia más generalmente. <http://www.ipcc.ch/ipccreports/ar4-wg2.htm>).

Intergovernmental Panel on Climate Change (2008). Climate Change and Water, Bates, B. C., Z. W. Kundzewicz, S. Wu and J. P. Palutikof, Eds. Technical Paper IV of the Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC Secretariat, Geneva, 210 pp.

Este documento, publicado a mediados de 2008, es una versión actualizada y mucho más pormenorizada de los recursos dulceacuícolas del capítulo del Grupo de trabajo 2. <http://www.ipcc.ch/pdf/technical-papers/climate-changewater- en pdf>.

Stern, N. H. (2007). The Economics of Climate Change: The Stern Review. 2007, Cambridge University Press, Cambridge, UK, 692 pp.

La reseña de Stern representa uno de los más meritorios y prestigiosos intentos a la fecha de cuantificar los efectos económicos del cambio climático actual y por venir. <http://www.dcc.gov.uk/activities/stern.htm>

Hansen, L. J., J. L. Biringer and J. R. Hoffman (2003). Buying Time: A User’s Manual for Building Resistance and Resilience to Climate Change in Natural Systems, Island Press: Washington, DC.

Buying Time fue el primer tratamiento de la dimensión de un libro que propone ir más allá de los efectos climáticos y desarrollar estrategias para evaluar la vulnerabilidad e implantar un plan de adaptación al clima. Sigue siendo una lectura estructural importante. http://assets.panda.org/downloads/buyingtime_unfe.pdf

El Programa de Cooperación sobre Agua y Clima tiene un excelente conjunto de recursos relacionados con el agua, incluyendo sus propias publicaciones, así como enlaces a los recursos producidos por otras organizaciones. La sección más reciente se comenta y actualiza periódicamente. <http://www.waterandclimate.org/index.php>

Esta publicación
fue apoyada por:



Con el apoyo de la Alianza



FUNDACION
GONZALO RÍO ARRONTE, I.A.P.



HSBC
Climate
Partnership

100%
RECICLADO



Reimpresión: Octubre de 2010
Primera edición: Abril 2007

La reproducción total o parcial de esta publicación debe
mencionar el título y el crédito de WWF-Reino Unido
como propietario de los derechos de autor.

Ninguna fotografía de esta publicación puede ser
reproducida sin autorización previa.
© Texto 2007 WWF-UK.

Todos los derechos reservados.

wwf.org.uk/freshwater

wwf.org.mx

WWF-UK
Panda House
Weyside Park
Godalming
Surrey GU7 1XR.
+44 (0) 1483 426444

WWF-México
Ave. México 51
Col. Hipódromo
C.P. 06100
México, D.F.
+52 (55) 5286 5631



Por qué estamos aquí

Para detener la degradación del ambiente natural del planeta y construir
un futuro en el cual los humanos convivan en armonía con la naturaleza.

www.wwf.org.mx

© 1986, Logotipo del Panda de WWF World Wide Fund for Nature (Inicialmente World Wildlife Fund)

© WWF es una Marca Registrada de WWF.

WWF México, Ave México #51, Col. Hipódromo, México, D.F., C.P. 06100— Tel. 5286-5631. Para más información visite www.wwf.org.mx

WWF-UK fue registrada como organización no lucrativa con el número 1081247, y en Escocia con el número SC039593. Una compañía limitada por el número de garantía 4016725 © 1986. Proyecto número 2608.