

Finalidad de esta Nota de Información

Los objetivos de esta Nota de Información son: señalar las cuestiones relativas al almacenamiento de agua pertinentes a la atención de las Partes Contratantes y ayudar a estas a que comprendan las implicaciones para los humedales; ofrecer información adicional como complemento de las orientaciones de Ramsar existentes sobre estas cuestiones; y ofrecer recomendaciones para responder a dichas cuestiones a nivel mundial, nacional y de cuenca hidrográfica.

Antecedentes

En el Plan de Trabajo del GECT para 2009-2012, la tarea 7.4 del área de trabajo temática 6 (Humedales y manejo de los recursos hídricos) incluye un estudio sobre el papel de los humedales en el almacenamiento de agua y la preparación de un informe técnico acerca de la interacción entre los humedales y el almacenamiento de agua (incluyendo presas y aguas subterráneas) para respaldar la aplicación de las Resoluciones de Ramsar referentes a los lineamientos relativos al agua (véase el Manual Ramsar sobre el Uso Racional N° 8, 4a edición, 2011). En sus talleres de mitad de período organizados en 2010, el GECT solicitó la preparación de una Nota de Información sobre este tema a fin de proporcionar información adicional y actualizada.

Autor

Mike Acreman, Responsable del Área de Trabajo Temática del GECT de Recursos Hídricos, 2009-2012

Humedales y almacenamiento de agua: tendencias y cuestiones actuales y futuras

Está claro que en todas las regiones del mundo se experimentará un crecimiento sostenido en la demanda de un suministro fiable de agua para la adaptación al cambio climático, la seguridad de los alimentos y el agua y el desarrollo humano y económico. En un entorno global cada vez más impredecible, será importante ofrecer posibilidades eficaces de almacenamiento de agua para satisfacer esa demanda. Como solución potencial para ampliar el almacenamiento de aguas superficiales, probablemente se proponga la utilización de presas grandes y pequeñas, pero como han reconocido las Partes Contratantes en Ramsar en varias Resoluciones, las presas pueden tener consecuencias tanto negativas como positivas para los humedales y los servicios ecosistémicos que prestan. En esta Nota, el GECT aporta una visión global de las implicaciones que tienen para los humedales las cuestiones y tendencias actuales relacionadas con el crecimiento potencial de la demanda de capacidad para el almacenamiento de las aguas superficiales. Mensajes clave y recomendaciones

Mensajes y recomendaciones clave

- Se prevé un aumento significativo de la demanda de almacenamiento de agua en el futuro próximo, sobre todo a medida que más países empiecen a aplicar políticas de adaptación al cambio climático. Tras un período relativamente tranquilo en términos de construcción de nuevas presas en los años que siguieron a la aparición del informe final de 2000 de la Comisión Mundial de Presas (CMP), en el futuro es previsible el aumento de la construcción de nuevas presas y la ampliación y renovación de presas antiguas con el fin de satisfacer al menos una parte de la demanda creciente de almacenamiento de agua.
- Las presas y otras infraestructuras de almacenamiento de agua pueden tener un impacto negativo en los humedales y sus servicios ecosistémicos; sin embargo, algunos tipos de humedales pueden desempeñar un valioso papel como “infraestructuras naturales” y pueden ofrecer capacidad de almacenamiento de agua en determinadas circunstancias.
- La Convención de Ramsar ha adoptado varias Resoluciones que orientan sobre cómo hacer frente a los impactos de infraestructuras hídricas como las presas en los humedales. Este conjunto de orientaciones sigue siendo válido y útil y se insta a las Partes Contratantes a aplicar sus recomendaciones.
- El GECT ha propuesto las siguientes recomendaciones adicionales para la Convención:

- proporcionar una justificación científica sólida para las funciones y capacidades de almacenamiento de agua de los diferentes tipos de humedales;
- definir un mensaje claro de Ramsar sobre las cuestiones relativas a los humedales y el almacenamiento de agua, y utilizar el lenguaje adecuado que asegure su comprensión; e
- identificar al público objetivo más importante para ese mensaje y desarrollar estrategias centradas en comunicar a ese público información pertinente sobre los humedales.

¿Por qué es necesario el almacenamiento de agua?

El agua es esencial para muchos aspectos de nuestras vidas, como beber, lavar y cocinar, cultivar alimentos, apoyar la industria o producir energía (Gleick, 1993). Además, las personas también obtienen un beneficio añadido del agua porque mantiene los ecosistemas, que proporcionan bienes y servicios adicionales (Acreman, 2003) – actualmente conocidos como “servicios de los ecosistemas” (Evaluación de los Ecosistemas del Milenio, 2005).

El agua llega a la superficie de la Tierra por precipitación, que varía en cada parte del planeta y a lo largo de las distintas eras. Las precipitaciones son muy estacionales en las regiones monzónicas, el subcontinente indio y gran parte de África. También se registra una variabilidad interanual, propiciada por fenómenos de gran magnitud como El Niño-Oscilación del Sur (ENOS), que puede provocar inundaciones y sequías con ciclos de 3 a 8 años (Adhikari *et al.*, 2010). La periodicidad decenal es asimismo típica de registros pasados; a principios del

La variabilidad hidrológica afecta al crecimiento económico

La variabilidad en las precipitaciones puede tener un impacto significativo en el crecimiento económico (Brown y Lall, 2006). Kenya sufrió una caída del 16% de su producto interno bruto (PIB) como consecuencia de la sequía de 1998-2000 y un descenso del 11% de su PIB a causa de las inundaciones de 1997-1998, en parte porque el país era incapaz de almacenar y distribuir agua de manera eficiente para el regadío y la producción hidroeléctrica (Comisión Económica para África, 2008). La Evaluación Integral de la Gestión del Agua en la Agricultura (Molden, 2007) concluyó que el 20% de la población mundial vive en áreas con escasez de agua física.

decenio de 1980 el Sahel sufrió sequía y hambruna y en agosto de 1988 las inundaciones asolaron la misma región.

Aunque la demanda agrícola de agua suele ser estacional, la demanda para el uso en el hogar, la generación de energía y la industria tiende a ser constante durante todo el año. El almacenamiento de agua en épocas de abundancia para su uso en tiempos de escasez resulta esencial, ya que cualquier diferencial entre la demanda y la oferta de agua tiene implicaciones de amplio alcance como pérdida de cultivos, sed, cortes de energía, destrucción de enlaces de transporte o degradación de servicios ecosistémicos.

El potencial de las aguas subterráneas para satisfacer la demanda de agua

Los agricultores generalmente prefieren las aguas subterráneas para el riego de sus cosechas porque pueden ejercer un control directo sobre ellas. Sin embargo, la sobreexplotación (cuando la extracción excede la recarga a largo plazo) para obtener muchas veces provecho a corto plazo, ha provocado la disminución del nivel freático y problemas significativos en China, la Europa mediterránea y la India. En el norte de China, por ejemplo, había 2,6 millones de pozos a finales de 1997 que provocaron una caída en el nivel freático de 42 metros en 30 años (Brown, 2000). En gran parte del África subsahariana, la presencia de rocas duras cristalinas limita el potencial para almacenar aguas subterráneas.

El agua se almacena en muchos componentes del ciclo hidrológico, como en la atmósfera, por ejemplo en bosques nubosos, el suelo, acuíferos subterráneos, ríos, lagos y otros humedales. Las aguas subterráneas constituyen el mayor depósito de agua dulce no congelada del mundo y actualmente suministran la mayor parte del agua utilizada. Por ejemplo, en África el 60% de la población vive en zonas rurales y depende del suministro de agua a pequeña escala (Calow *et al.*, 2009). En muchas zonas del mundo, las aguas subterráneas se nutren de la lluvia, la cual, una vez en el terreno, se filtra lentamente en un proceso que puede durar muchos meses. Por tanto, las aguas subterráneas pueden suministrar agua durante varios años y de este modo amortiguar la disponibilidad de los recursos hídricos durante las variaciones estacional y plurianual en las precipitaciones y las graves sequías.

Las aguas incorporadas en el pasado remoto a un acuífero que no está siendo recargado en la actualidad suelen denominarse “aguas fósiles” (Abd El Samie y Sadek, 2001), y su explotación se conoce como “minería

de agua". Al igual que sucede con recursos minerales como el petróleo, las aguas fósiles son un recurso explotable de vida limitada (Wright *et al.*, 1982). Por ejemplo, las aguas subterráneas de las cuencas de Kufra y de Sirte en Libia se repusieron por última vez durante un período húmedo hace varios milenios, pero las reservas son vastas: han sido explotadas para la irrigación de cosechas durante los últimos 30 años, y aún continuarán suministrando agua durante varios decenios (Wright *et al.*, 1982).

¿Cómo y por qué está cambiando la demanda y el almacenamiento de agua?

En los últimos años se ha intensificado el debate sobre el almacenamiento de agua a causa de los cambios económicos, demográficos y climáticos mundiales y regionales, que a su vez afectan a la cronología, ubicación y alcance de las demandas de agua, y de ahí la necesidad de encontrar opciones nuevas o ampliadas para el almacenamiento de agua.

Los cambios demográficos y sociales que afectan a la demanda de agua

Se espera que la población mundial crecerá de los 7.000 millones actuales a 9.000 millones para el año 2042 (DESAPD, 2006), lo que generará un aumento en la demanda de alimentos provenientes de la agricultura de regadío y de agua potable limpia y segura. El agua para el riego representa ya más del 70% del total de agua extraída y, sin embargo, el agua para la seguridad alimentaria es una cuestión cada vez más crítica (Hanjra y Qureshi, 2010).

A pesar de los progresos para alcanzar los Objetivos de Desarrollo del Milenio (ODM), casi 900 millones de personas todavía carecen de acceso a agua potable segura. Los esfuerzos que realicen los gobiernos y organismos para ampliar el acceso al agua y satisfacer las necesidades humanas básicas serán sin duda vanos si no se dispone de fuentes fiables de agua (Sullivan *et al.*, 2003).

Las políticas regionales para alcanzar la seguridad alimentaria se tornarán progresivamente cuestiones de relevancia mundial. Kuwait y Arabia Saudita están adquiriendo tierra para la producción de alimentos en otros países (p.ej. el Sudán y el Pakistán), lo que genera nuevas presiones sobre los recursos hídricos y nuevos problemas políticos.

¿Generarán los cambios sociales conflictos relacionados con el agua?

Más de la mitad de la población mundial vive actualmente en zonas urbanas y se espera que en el futuro la mayor parte del crecimiento demográfico tenga lugar en las ciudades (Fondo de Población de las Naciones Unidas, 2007). Durante los próximos 30 años, se estima que la población de las ciudades africanas y asiáticas se doblará y aparecerán problemas especiales de abastecimiento de agua. Los cambios en la dieta, por ejemplo de vegetales a carne en China, también pueden tener un impacto, a pesar de que el reciente incremento en la demanda de carne ha sido satisfecho con producción nacional (Ray, 2008).

Se ha expresado la preocupación de que durante los próximos 25 años la competencia por el agua será un desencadenante de conflictos en muchas regiones, a medida que los países luchen por acceder a unos recursos cada vez más escasos (Mason *et al.*, 2007). Sin embargo, hasta la fecha, el número de conflictos directos por aguas compartidas se mantiene bajo y algunos analistas consideran que las cuestiones relativas a los recursos hídricos pueden ser una catalizador para la cooperación (p.ej., Grey y Sadoof, 2007).

Los cambios climáticos que afectan a la demanda de agua

La intensificación del ciclo hidrológico acrecentará la variabilidad de las precipitaciones y dará lugar a inundaciones y sequías más extremas (Meehl *et al.*, 2007; Burke *et al.*, 2006). Se considera que las regiones densamente pobladas adyacentes a las cordilleras del Himalaya y los Andes son especialmente vulnerables al impacto del retroceso de los glaciares (Barnett *et al.*, 2005). En zonas de recarga marginal, es posible que el almacenamiento de aguas subterráneas deje de ser renovable. Los grandes cambios en el uso de la tierra pueden afectar también a los ciclos atmosféricos a gran escala. Por ejemplo, es probable que la deforestación amazónica provoque cambios en el régimen de precipitaciones de la Europa mediterránea (Gedney *et al.*, 2008). Esta impredecibilidad creciente de la disponibilidad de agua está acentuando la necesidad de disponer de más capacidad para su almacenamiento.

Cambios económicos que afectan a la demanda de agua

En el transcurso del verano de 2008 el precio del petróleo aumentó de 30 a 140 dólares por barril, lo cual imprimió un mayor impulso al desarrollo de las fuentes

La infraestructura hídrica y la riqueza

Los Estados Unidos de América realizaron grandes inversiones en presas polivalentes a partir de los años 30 con la Autoridad del Valle de Tennessee. Las presas de Hoover y de Glen Canyon en el río Colorado contribuyeron al desarrollo económico del sudoeste estadounidense. Muchos Estados europeos han invertido recursos disponibles en la construcción de presas; por ejemplo, para generar energía hidroeléctrica en Noruega y Suiza y para el riego en España. En Australia, la infraestructura hídrica, especialmente en la cuenca Murray-Darling, ha sido crucial para el progreso industrial y el desarrollo de la agricultura y la producción ganadera.

Existen ejemplos claros de países que experimentan una gran variabilidad hidrológica pero tienen una capacidad limitada para el almacenamiento de agua y una economía menos boyante, como Etiopía y el Yemen. Etiopía solo posee una capacidad de almacenamiento de agua de 165 millones de metros cúbicos (incluido con la nueva presa de Tekeze en el río Atbara), frente a los 4.500 millones de Australia, un país con un clima muy similar en cuanto a variabilidad se refiere. Menos del 6% del terreno irrigable de Etiopía se riega, mientras que en el vecino Sudán el 14% de la tierra es de regadío (FAO, 1987).

de energía renovables, como la energía hidroeléctrica, los biocombustibles y la energía eólica, que no utilizan combustibles fósiles (a pesar de que la crisis económica y financiera provocó una caída del 2% en la demanda mundial de energía en 2009 (Agencia Internacional de la Energía, 2010)). Algunos países, como los de América Latina, ya dependen en gran medida de la energía hidroeléctrica (Millan, 1999). Esta energía puede ser generada mediante sistemas de pasada que afectan de forma limitada los caudales fluviales. No obstante, las centrales hidroeléctricas más productivas están asociadas a grandes presas que alteran significativamente los caudales fluviales. Se puede consultar un análisis detallado de las posibles implicaciones para los humedales de las políticas, planes y actividades energéticas en un nuevo Informe Técnico de Ramsar (Anderson y MacKay, en preparación), que se ha preparado como apoyo del proyecto de Resolución para la COP11 (DR10) sobre "Humedales y cuestiones energéticas" (Convención de Ramsar, 2012).

Los complejos vínculos entre la infraestructura hídrica, la seguridad del agua y el desarrollo económico

En general, el acceso a la infraestructura hídrica tiende a disminuir en aquellas partes del mundo donde mayores son los riesgos de inseguridad del agua (PNUD, 2006). El porqué de esta situación no está siempre claro. Grey y Sadoff (2007) afirman que muchas de las naciones más ricas del planeta han alcanzado también las cotas más altas de seguridad del agua gracias a inversiones en sistemas de almacenamiento de agua. Sin embargo, no está clara la relación directa causa-efecto: la riqueza nacional podría hacer posible el almacenamiento a gran escala de agua, o bien al contrario, el almacenamiento de agua podría ser el origen de la riqueza nacional.

La prosperidad económica no depende necesariamente de la inversión en infraestructuras hídricas cuando se dispone de sistemas naturales de almacenamiento, por ejemplo aguas subterráneas, y la economía del país no depende de sectores que requieran agua. Muchos Estados de Oriente Medio, como Arabia Saudita y los Emiratos Árabes Unidos, han dispuesto de suficiente agua subterránea para su uso interno y han dependido de los ingresos de la venta de petróleo para adquirir alimentos producidos en otros países; pero actualmente están arrendando terrenos en África para producir sus alimentos, p.ej. en Etiopía (Economist, 2009). No obstante, puesto que las reservas de agua fósil y petróleo se están agotando, esas economías podrían cambiar. Además, la seguridad del agua en muchas zonas rurales seguirá estando limitada por el acceso más que por la disponibilidad física en el futuro previsible (Sullivan *et al.*, 2003).

Es posible que los costos y beneficios, menos obvios, del desarrollo de infraestructuras no queden reflejados en las estadísticas económicas nacionales como el PIB o el coeficiente de Gini utilizado por las Naciones Unidas (Gini, 1912). Por ejemplo, la producción hidroeléctrica de la presa de Manatali en Malí ha mejorado el suministro eléctrico a las zonas urbanas del Senegal, Malí y Mauritania, pero en las zonas rurales se ha producido poca electrificación y sus habitantes han sufrido la pérdida de otros servicios de los ecosistemas importantes, como la pesca, a causa de alteraciones en el régimen del caudal fluvial aguas abajo de la presa (Acreman, 1996).

Hay quienes argumentan que los grandes proyectos de recursos hídricos estimulan un amplio desarrollo económico regional, que a su vez genera importantes beneficios directos e indirectos para los pobres, mediante la creación de empleo y la mejora de servicios como carreteras y atención sanitaria. Por otro lado, al-

Potencial de desarrollo de la capacidad de almacenamiento de aguas superficiales

Mientras China y la India, en particular, tienen en marcha importantes programas de desarrollo de presas, la mayor parte de los países en desarrollo han explotado poco el potencial para el almacenamiento de aguas superficiales basado en infraestructuras; Asia, África y América Latina han desarrollado solo el 22%, el 7% y el 33%, respectivamente, de su potencial hidroeléctrico (IHA, 2008). En África, el 94% de la agricultura es de secano. La Comisión para África (2005) destacó la pobreza extrema y la falta de crecimiento económico en muchos lugares de África y recomendó la inversión en infraestructuras (incluido el almacenamiento de agua) para duplicar la superficie de tierra de regadío.

gunas organizaciones se centran en las tecnologías locales apropiadas (p.ej. bombas de pedal) que contribuyen menos al PIB pero más a la mitigación directa de la pobreza extrema en la comunidad local. El Banco Mundial aboga por un enfoque en el crecimiento económico nacional como un mecanismo descendente para sacar a las personas de la pobreza en vez de un enfoque ascendente basado en los medios de subsistencia locales.

¿Son las presas la solución al problema de almacenamiento?

Un gran número de grandes presas han generado importantes beneficios sociales y económicos. Se han documentado las amplias conexiones existentes entre el desarrollo de infraestructuras (como presas), el aumento en la productividad agrícola y el crecimiento económico (Hussain y Hanjra 2004; Hanjra *et al.*, 2009). Sin embargo, a causa en gran parte de los impactos adversos ambientales y sociales que pueden tener las grandes presas, estas suscitan mucha controversia.

En las últimas décadas ha aumentado la conciencia de que las obras de ingeniería “dura” de gran tamaño, como las presas, pueden constituir una solución poco flexible para el manejo del agua con costos, directos e indirectos, que en algunos casos superan a los beneficios. La Comisión Mundial de Presas (CMP, 2000a) concluyó que las presas han contribuido de modo significativo al desarrollo humano, pero los costos sociales y ambientales han sido, en demasiados casos, inaceptables, y a menudo, innecesarios. Como consecuencia directa de ello, ha habido un período de actividad reducida en la construcción de presas mientras se debatían las implicaciones del informe de la Comisión.

En los últimos años se han expresado preocupaciones adicionales sobre el impacto que tienen las presas. Por ejemplo, se han registrado altos niveles de emisiones de metano (CH₄) en embalses tropicales poco profundos en forma amesetada, donde el ciclo natural del carbono es más productivo (Delmas, 2005), aunque los embalses profundos en latitudes bajas similares suelen mostrar niveles menores de emisiones. Un estudio documental sobre los gases de efecto invernadero (GEI) desde la creación de embalses hidroeléctricos en la India (Banco Mundial, 2007) concluyó que las emisiones eran bajas debido a que los embalses de la India están ubicados mayoritariamente en regiones donde las condiciones naturales limitan los procesos que hacen aumentar las emisiones de metano.

Se evapora más agua de los embalses de lo que consumen los humanos (PNUMA, 2008). La generación de energía hidroeléctrica en los Estados Unidos de América consume más agua por kilovatio que la generación con combustibles fósiles (Torcellini *et al.*, 2003).

Dado que las presas brindan una capacidad de almacenamiento de agua significativa, pueden ser multifuncionales, por ejemplo, pueden desempeñar un papel importante en la reducción de inundaciones aguas abajo. La presa de las Tres Gargantas en el Yangtsé genera energía hidroeléctrica, pero también ha sido diseñada

Las presas ... buenas y malas

Durante el Proyecto Presas y Desarrollo (seguimiento de la CMP por el PNUMA), la Red Internacional de Ríos realizó un seguimiento de varias presas para comprobar si se estaban aplicando los procesos de la CMP. Se concluyó que los proyectos más grandes, como las presas de Bui (Ghana), Lom Pangar (Camerún), Epupa (Namibia), Bakun (Malasia) y Mphanda Nkuwa (Mozambique) no habían seguido las directrices de la CMP. Sin embargo, no se ha recopilado información global complementaria por parte de gobiernos o asociaciones de presas con la cual comparar las conclusiones de la Red Internacional de Ríos.

En cambio, existen muchos ejemplos de progresos de presas que demuestran buenas prácticas en relación con criterios de sostenibilidad. Por ejemplo, el proyecto de presa de Bumbuna, de 50 MW, en Sierra Leona, se considera un buen modelo de distribución de beneficios entre la comunidad local, donde se ha establecido un fondo respaldado por el Banco Mundial que tiene un consejo formado por partes interesadas y que ha capacitado a las comunidades locales para decidir cómo utilizar los fondos. Recientemente Moore *et al.*, 2010, han revisado cuestiones y experiencias relacionadas con presas desde el año 2000.

para reducir la frecuencia de grandes inundaciones aguas abajo de una vez cada 10 años a una vez cada 100 años, y gracias a ella se salvaron muchos centenares de vidas en 2010. Mientras los Estados Unidos de América tienen más de 1.000 presas destinadas exclusivamente al control de inundaciones y otras 1.000 más que son presas polivalentes destinadas a otras funciones además de la de control de inundaciones, ninguna de las presas indias registradas en el Registro Mundial de Presas de la Comisión Internacional de Grandes Presas (CIGP) (http://www.icold-cigb.net/GB/World_register/world_register.asp) desempeña una función de control de inundaciones, ya que la India no ha fomentado particularmente el control de inundaciones mediante la regulación de los caudales, decantándose en su lugar por el uso de diques.

Existen numerosos ejemplos de los beneficios que generan las presas. En el Camerún, la presa de Waza se acciona para inundar la planicie aluvial de Longone; la liberación de agua tiene por objeto optimizar servicios ecosistémicos como la pesca, el cultivo de tierras aluviales y el pastoreo tras las crecidas (Loth, 2004). Se podría argumentar que el almacenamiento de agua en la presa brinda seguridad contra sequías y grandes crecidas y que no resultan tan beneficiadas las planicies aluviales. Las presas crean un cuerpo de agua que puede tener muchas de las características de los lagos naturales, entre ellas, especies valiosas de peces y pájaros. De hecho, bastantes embalses han sido designados Sitios Ramsar, como Rutland Water en el Reino Unido, a menudo por sus poblaciones de aves acuáticas, aunque estos suelen presentar menos diversidad y más dominio de especies comunes que sus equivalentes naturales (Davidson y Delany, 1999).

Los impactos socioeconómicos y ambientales positivos y negativos de las presas son bien conocidos y pueden ser mitigados, mientras que los impactos de las opciones alternativas para almacenar agua son relativamente desconocidos (Alhassan, 2009). La presión sobre los recursos hídricos, incluida la ejercida por el cambio climático, y la demanda creciente de protección contra las inundaciones, alimentos y energía, conducirán inevitablemente a la construcción de nuevas presas.

La reducción del impacto de las presas en los ecosistemas de humedales

La Asociación Internacional de Energía Hidroeléctrica (IHA) continúa siendo una organización influyente y ha

Las orientaciones de Ramsar existentes incluyen mecanismos para planificar y manejar el impacto de las presas en los ecosistemas de humedales:

- Resolución VIII.1 (*Comisión Mundial de Presas*);
- Manual 9, 4ª edición (*Manejo de cuencas hidrográficas*);
- Manual 10, 4ª edición (*Asignación y manejo de los recursos hídricos a fin de mantener las funciones ecológicas de los humedales*);
- Manual 11, 4ª edición (*El manejo de las aguas subterráneas*);
- Manual 16, 4ª edición (*Evaluación del impacto*).

trabajado, por ejemplo, con el Fondo Mundial para la Naturaleza (WWF) en la elaboración de directrices de sostenibilidad (IHA, 2004) y en un protocolo de evaluación para presas hidroeléctricas (IHA, 2006). El Banco Mundial ha elaborado criterios para evaluar los probables impactos ambientales adversos de las presas (Ledec y Quintero, 2003) y ha adoptado también el concepto de flujos ambientales en su política de salvaguardia para las infraestructuras hídricas (Brown y King, 2003; Acreman, 2003) que se deben observar como condición para recibir créditos del Banco.

De hecho, la legislación reciente sobre el agua de varios países incluye las necesidades de flujo ambiental para conservar los servicios ecosistémicos de los ríos y de sus humedales conexos aguas abajo, por ejemplo, en Costa Rica (Jiménez *et al.*, 2005; Le Quesne *et al.*, 2010), Sudáfrica (Rowlston y Palmer, 2002) y Tanzania (Acreman *et al.*, 2006). Ha habido muchas iniciativas regionales, como la del Mekong y estudios sobre presas individuales. Sin embargo, la puesta en práctica de los flujos ambientales sigue siendo complicada debido a la información limitada que existe sobre las compensaciones (Acreman y McCartney, 2000), y a la ausencia de voluntad política para modificar derechos históricos sobre el agua, reasignar agua actualmente destinada al suministro público, la agricultura y la industria y, en algunos casos, sufragar la compensación. El diseño o instalación a posteriori de grandes compuertas y aliviaderos que permitan liberaciones para el manejo de las crecidas puede resultar muy oneroso.

Otro desafío clave de los flujos ambientales es conseguir una calidad del agua apropiada. La temperatura del agua liberada puede ser diferente de la del agua natural, especialmente cuando el embalse es profundo. El agua también puede contener sustancias nocivas, como sulfuro de hidrógeno (Petts, 1998). Además, puede ser necesario disponer de almacenamiento adicional a fin de recoger agua suficiente para las liberaciones, aparte de satisfacer otros requisitos de la presa, especialmente

si debe acondicionarse para resistir el clima en el futuro. Serán necesarios argumentos convincentes con los que atraer inversiones adicionales para realizar dichas adaptaciones incluso aunque puedan contribuir a reducir el impacto de las presas en los ecosistemas de humedales.

¿Pueden los humedales proporcionar alternativas realistas de almacenamiento de agua?

Han aparecido muchos estudios científicos que demuestran el papel fundamental que tienen los humedales en el ciclo hidrológico y su gran valor económico como infraestructuras hídricas (Emerton y Bos, 2005). No obstante, la manera de describir este papel ha provocado generalizaciones que apuntan a que todos los humedales desempeñan todas las funciones y proveen los mismos servicios y valores en grados iguales.

Es cierto que los humedales pueden mitigar las inundaciones en caso de disponer de capacidad para el almacenamiento, por ejemplo cuando coinciden fuertes precipitaciones con niveles freáticos bajos y el agua puede almacenarse rápidamente. Sin embargo, en muchas cabeceras de humedales, los suelos están saturados gran parte del tiempo, lo que significa que tienen poca capacidad de almacenamiento; de hecho, las cabeceras de los humedales se denominan a menudo “áreas contributivas” por los hidrólogos porque suelen generar escorrentías de inundación y expulsar agua rápidamente. No obstante, también depende mucho del manejo de dichos humedales, y medidas como invertir el drenaje y recuperar la vegetación en las zonas despojadas de ella pueden reducir de manera significativa la escorrentía de inundación.

Por otro lado, las llanuras aluviales generalmente disponen de una gran capacidad de almacenamiento en superficie y existen muchos ejemplos de estas planicies que reducen el riesgo de inundaciones aguas abajo (Acreman *et al.*, 2003). En consecuencia, los humedales con hidroperíodos largos pueden almacenar volúmenes considerables de agua. La capacidad de almacenamiento depende del tipo de suelo, ya que el agua que contienen los suelos saturados puede ocupar entre un 20% y un 80% de su volumen.

Desde hace tiempo se reconoce que en los humedales con vegetación, como el del Sudd (Hurst, 1933), se evapora gran cantidad de agua, más incluso que la que se evapora de masas de agua abiertas como son los embalses, a causa de la mayor superficie foliar que tiene la vegetación de los humedales (Blaney y Muckel, 1955).

No todos los humedales almacenan agua

En parte, los malentendidos aparecen debido a que el término “humedal” (según la Convención de Ramsar) abarca una amplia variedad de tipos de hábitat, desde arrecifes de coral a lagos subterráneos, y se ha supuesto erróneamente que las funciones y los servicios existentes en un humedal están igualmente presentes en todos los tipos (Bullock y Acreman, 2003).

Por ejemplo, se menciona asiduamente que “los humedales funcionan como una esponja”, absorbiendo agua cuando llueve (reduciendo así el riesgo de inundación) y liberándola lentamente durante los períodos secos (incrementando así los caudales bajos). En algunos humedales el nivel de la capa freática sube y baja de forma estacional: esto se denomina hidroperíodo (Mitsch y Gosselink, 2007). La subida de la capa freática significa que se recoge agua y se almacena; su bajada, que se evacua agua almacenada.

Sin embargo, en algunos casos el agua evaporada se recicla en la zona a través de sistemas meteorológicos locales. A causa de la evaporación en los humedales del delta interior del Níger se producen precipitaciones locales que sustentan pastizales en las zonas áridas ubicadas a su alrededor (Taylor, 2009). Un análisis similar del Sudd apunta a que las precipitaciones inducidas por la evaporación son pequeñas en comparación con la escala de la zona de captación del Nilo en su conjunto (Mohamed *et al.*, 2005), aunque pueden ser bastante significativas a escala local.

Con todo, para que una opción de almacenamiento sea viable, no basta con tener suficiente capacidad de almacenamiento, el agua almacenada además debe tener una calidad adecuada. Algunos humedales desempeñan también funciones importantes para la calidad del agua. Por ejemplo, el pantano de papiros de Nakivubo en Uganda recibe efluentes residuales parcialmente tratados y agua pluvial muy contaminada de Kampala (Kansiime y Nalubega, 1999). Durante el tránsito del efluente a través del humedal, se filtran las aguas residuales y las concentraciones de contaminantes se reducen considerablemente, de manera que el agua puede extraerse en las proximidades para el suministro público. Los servicios de los ecosistemas varían de manera significativa de un humedal a otro: los ecosistemas de los humedales se pueden sobrecargar fácilmente de contaminantes y a menudo no se conoce su tolerancia.

Una alternativa para utilizar la capacidad de almacenamiento de los humedales es mejorar la capacidad natural de almacenamiento mediante la creación

de humedales artificiales para desempeñar funciones hidrológicas. Por ejemplo, en la India se practica ampliamente la recarga controlada de acuíferos (CGWB, 2005) mediante millones de pequeñas estructuras que captan las precipitaciones monzónicas en la superficie y permiten que el agua se infiltre en los acuíferos subterráneos, que a menudo tienen una baja capacidad de almacenamiento. En la presa de Shiquma, al norte de la Franja de Gaza, se ha construido una pequeña presa para crear un embalse que contenga el agua de las crecidas. Posteriormente el agua se bombea hasta grandes depresiones (cuencas de infiltración) en las dunas de arena cercanas a la costa, donde se filtra en el terreno y recarga el acuífero. Durante siglos, unos tanques han sido la principal fuente para el riego en muchos lugares de la India. Se trata de unos muros bajos de tierra construidos a lo largo de un valle poco profundo de modo tal que crean capacidad de almacenamiento para retener las precipitaciones monzónicas.

Los humedales pueden manejarse con el fin de maximizar el almacenamiento de agua, pero esto podría comprometer otros servicios ecosistémicos, como la producción agrícola (Acreman *et al.* 2011), lo que supondría una compensación de servicios, y por tanto es necesario encontrar mecanismos que incentiven dicha maximización, por ejemplo pagos procedentes de los beneficiados (Smith *et al.*, 2006).

La planificación integrada junto con el manejo y el uso combinados de las aguas superficiales y subterráneas probablemente sea la mejor estrategia para hacer frente a la variabilidad de las precipitaciones en el futuro (McCartney y Smakhtin, 2010). Por ejemplo, la combinación de embalses pequeños y grandes resultó especialmente efectiva en el suministro de agua para la irrigación en el sur de Sri Lanka (Keller *et al.*, 2000).

La ciencia que apoya la función de almacenamiento de los humedales debe ser revisada y deben extraerse conclusiones claras fundamentadas y sin ambages en cuanto a lo que cada tipo de humedal puede o no ofrecer como opción viable de almacenamiento de agua. Parte del problema consiste en convencer a los administradores de los recursos hídricos, quienes generalmente tienen conocimientos de ingeniería, por lo que la terminología utilizada es especialmente importante. Es probable que resulte más efectivo utilizar un término como “infraestructura natural” para alcanzar un entendimiento que emplear el lenguaje de la ecología con términos como “biodiversidad”, “ecosistemas” o “servicios de los ecosistemas”.

¿Quién influye en las decisiones sobre el almacenamiento de agua?

En muchas regiones se están creando autoridades de cuencas hidrográficas, bien dentro de fronteras nacionales, como las siete autoridades establecidas en Tanzania, o bien transfronterizas, como la Comisión del Río Mekong. Se está haciendo hincapié en el concepto de manejo integrado de los recursos hídricos y el desarrollo de planes para cuencas hidrográficas como aspectos fundamentales para alcanzar los Objetivos de Desarrollo del Milenio relacionados con el agua, un enfoque que cuenta con el apoyo de la Asociación Mundial para el Agua. Las autoridades de cuencas hidrográficas se están convirtiendo en puntos focales para las decisiones relacionadas con la asignación de agua y el manejo y desarrollo de infraestructuras. En algunas partes del mundo, los organismos de integración económica o de coordinación están desempeñando importantes papeles en el manejo del agua y la infraestructura hídrica, y están siendo reforzados por la comunidad de donantes. El Mercado Común del África Meridional y Oriental (MECAFMO), la Comunidad del África Meridional para el Desarrollo (SADC), la Comisión Económica para África de las Naciones Unidas (CEPA) y la Comunidad Económica de los Estados de África Occidental (CEDEAO) son ejemplos de organismos que funcionan de esta manera, en distintos grados.

Los financiadores de grandes infraestructuras también pueden ejercer mucha influencia en las decisiones que se toman sobre el agua y su almacenamiento. En los últimos años se ha diversificado significativamente el

¿Quién financia la construcción de presas?

Tras el rechazo del Banco Mundial a la petición de financiación para la presa de Tucuruí en el Brasil, que tiene proyectado generar 8.370 MW y permitir la navegación, se obtuvieron fondos de Eletronorte y de instituciones brasileñas como Eletrobrás, BNH, Banco do Brasil, Caixa Econômica Federal y FINAME (CMP, 2000b). De las 19 presas planificadas para el brazo principal del Mekong en Camboya, Lao, Tailandia y China, la mayoría están financiadas por compañías eléctricas provinciales y por bancos chinos. Los inversores chinos participan en 59 presas en Birmania (aunque algunos proyectos están en suspenso o archivados), entre ellas la presa de Tasang (7.100 MW) en el río Salween, con un costo de 9.000 millones de dólares y financiada por China Power Investment Co. (Burma Rivers Network, 2008). Los Fondos del Golfo y el Banco Islámico de Desarrollo también se han convertido en financiadores clave de presas.

Las cuestiones relacionadas con el almacenamiento de agua atraviesan fronteras políticas y ecológicas

El desarrollo económico se considera cada vez más una cuestión a escala de cuenca hidrográfica. Por ejemplo, si Etiopía desarrolla usos de consumo como el riego, este podría tener consecuencias hidrológicas para el Sudán y Egipto. Aunque la energía hidroeléctrica no consume agua y solo puede modificar la programación de los caudales, esta puede tener efectos tanto positivos como negativos: la reducción del caudal en la estación húmeda y el aumento del mismo en la estación seca como resultado de operaciones hidroeléctricas puede beneficiar a la irrigación en el Sudán. Además, el almacenamiento aguas arriba, donde las pérdidas por evaporación son menores, tiene más sentido que hacerlo aguas abajo. No obstante, independientemente de las obras de infraestructura, el verdadero problema es generar confianza entre los estados ribereños que comparten cuencas fluviales. La Iniciativa de la Cuenca del Nilo, respaldada por el Banco Mundial, promueve compartir los beneficios del agua en vez de compartir el agua en sí misma (Sadoff y Grey, 2002).

Incluso cuando los cursos de agua no son transfronterizos, los beneficios pueden exportarse más allá de las fronteras nacionales, como es el caso de la energía hidroeléctrica. Nepal posee un potencial hidroeléctrico superior a la demanda interna, pero los grandes proyectos hidroeléctricos, como el del Medio Marsyangdi, de 70 MW, serán factibles en Nepal solo cuando India esté dispuesta a comprar energía a precios comerciales y a compartir los beneficios obtenidos (WECS, 2002). En el río Congo, en la República Democrática del Congo, existen dos presas hidroeléctricas (Inga I y II) con una capacidad combinada de 1.775 MW (IWPDC, 2008). Hay planes para construir dos nuevas presas, Inga III (4.320 MW) y Grand Inga (40 GW), que se convertirán en el mayor sistema hidroeléctrico del mundo, con líneas de transmisión propuestas hacia Egipto, Nigeria y el sur de África. La seguridad energética dependerá de la estabilidad política regional.

marco institucional para la financiación de grandes infraestructuras.

- Tras un paréntesis de entre 10 y 15 años que siguió a la publicación del informe de la Comisión Mundial de Presas, los bancos multilaterales han vuelto a financiar el desarrollo de presas; sin embargo, aunque esos bancos a menudo dirigen la fase de estudio, no financian necesariamente la inversión efectiva. Actualmente el Banco Mundial participa solo en el 5% de las presas de los países de vías de desarrollo y aunque aplica políticas de salvaguarda ambiental, estas solo pueden ser efectivas para las presas a las que presta apoyo.
- Los organismos de financiación bilaterales suelen evitar apoyar el desarrollo de presas, con la excepción de la Agence Francaise de Développement, que ha expresado interés por financiar proyectos de presas en África central y occidental.
- Los organismos de crédito a la exportación pueden prestar apoyo si se cumplen las salvaguardias del Banco Mundial.
- El papel de los bancos multilaterales ha sido retomado progresivamente por organizaciones de inversión privadas o soberanas, algunas de las cuales se atienen a pocos o ningún condicionamiento. Los gobiernos que quieren construir presas pueden cada vez más comparar entre los grupos de inversores/donantes potenciales o reunir sus propios

paquetes de financiación interna sin necesidad de acudir a terceros.

Respuestas a las cuestiones cambiantes sobre el almacenamiento de agua: recomendaciones para la Convención de Ramsar

Proporcionar una justificación científica sólida para las funciones y capacidades de almacenamiento de agua de los diferentes tipos de humedales

Existe la necesidad de:

- revisar la base científica para cuantificar las funciones de almacenamiento de los diferentes tipos de humedales, y
- asegurar que se puede comprobar claramente la línea argumental desde las declaraciones de políticas pertinentes hasta los artículos e informes científicos.

Esto permitirá que Ramsar pueda forjar un argumento sólido sobre la medida en que los humedales pueden brindar almacenamiento de agua, regular los caudales hídricos y suministrar recursos hídricos existentes a través de su infraestructura natural, y sobre cómo esta capacidad varía entre los diferentes tipos de humedales y ubicaciones geográficas. Esto debe tenerse en cuenta para cualquier elaboración futura de orientaciones con-

exas sobre la evaluación de los servicios de los ecosistemas.

Definir un mensaje claro de Ramsar sobre las cuestiones relativas a los humedales y el almacenamiento de agua y utilizar el lenguaje adecuado que asegure su comprensión

Ramsar debería definir un mensaje claro sobre las cuestiones relacionadas con el almacenamiento de agua y las tendencias futuras que afectan a los humedales, utilizando un lenguaje apropiado para el público objetivo. Todos los sectores tienen su propio lenguaje y la comunidad ecológica ha desarrollado una serie de conceptos, como los de enfoque por ecosistemas y servicios de los ecosistemas, que todavía se están debatiendo incluso dentro de la propia comunidad. Si el público objetivo de promoción lo constituyen los ingenieros hídricos, es recomendable utilizar conceptos como “infraestructura natural”, más comprensible para ellos que “servicios de los ecosistemas”.

Del mismo modo, aunque “flujo ambiental” está pasando a formar parte del lenguaje corriente de la comunidad conservacionista, para muchos fuera de ella es un concepto nuevo y desconcertante. Después de muchos años (décadas) de desarrollo y sensibilización, la evaluación del impacto ambiental, con todos sus defectos, ha sido ampliamente comprendida y aceptada (independientemente de la buena o mala calidad que puedan llegar a tener las EIA). Las autoridades de las cuencas hidrográficas funcionan mediante enfoques tales como el Manejo Integrado de los Recursos Hídricos o el Manejo Integrado de las Cuencas Hidrográficas, y por ello es preciso traducir las orientaciones de Ramsar al lenguaje utilizado en estos enfoques.

Identificar al público objetivo más importante para ese mensaje y desarrollar estrategias centradas en comunicar a ese público información pertinente sobre los humedales

Grupos destinatarios prioritarios:

- Las entidades implicadas, directa o indirectamente, en los procesos mundiales de las políticas relativas al agua como la Asociación Mundial para el Agua (GWP), el Consejo Mundial del Agua, la FAO, el PNUMA, el PNUD y la OMM. La interacción con este grupo brinda la oportunidad de promover el papel de los humedales en las cuestiones relacionadas con el agua a un alto nivel estratégico, especial-

mente cuando se tratan asuntos importantes sobre la adaptación al cambio climático y su mitigación, la seguridad alimentaria y las respuestas a sucesos importantes como inundaciones y sequías. Es necesario incorporar a los humedales en declaraciones de políticas internacionales y programas de decisión y acción sobre el agua y las infraestructuras, incluido en informes para delegaciones gubernamentales que asisten a reuniones internacionales pertinentes. Esto es particularmente importante para la aplicación de la *Declaración de Changwon sobre el bienestar humano y los humedales* (Resolución Ramsar X.3, 2008) que indica qué pasos seguir para alcanzar algunas de las metas de sostenibilidad ambiental más críticas para el mundo.

- Departamentos y organismos ambientales de gobiernos nacionales, que suelen ser débiles políticamente y no lideran los procesos clave de la planificación y la toma de decisiones en relación con el almacenamiento de agua, aunque suelen ser consultores oficiales. La Convención de Ramsar ya presta orientación en apoyo de los ministerios focales para que se impliquen en los procesos de manejo y planificación en relación con el agua.
- Autoridades subnacionales e internacionales de cuencas hidrográficas. Cada vez más, la planificación hídrica y de infraestructuras, con frecuencia transfronteriza, formará parte de las actividades de las autoridades de las cuencas hidrográficas.
- Instituciones de planificación estratégica. Es necesario que la comunidad de los humedales en particular participe en la planificación del almacenamiento de agua en procesos donde se estudian las opciones de almacenamiento para la planificación energética estratégica (hidroeléctrica y de otro tipo), la planificación del suministro de agua (especialmente urbano y agrícola), el transporte y el control de inundaciones. Puede ser necesaria orientación adicional, como en el caso del manejo compartido.
- Instituciones del sector energético. Debería incrementarse la interacción con organizaciones asociadas con la industria energética, como la Asociación Internacional de Hidroelectricidad (IHA). La IHA está trabajando actualmente con el Fondo Mundial para la Naturaleza (WWF) a fin de producir orientaciones sobre sostenibilidad (IHA, 2004), así como un protocolo de evaluación para presas hidroeléctricas (IHA, 2006).

- Instituciones del sector privado. El sector privado, especialmente los bancos y las compañías eléctricas, está haciéndose más influyente y ofrece fuentes de financiación para presas en todo el mundo. Las entidades del sector privado que son importantes usuarios de agua, como la industria de las bebidas, suelen tener interés en proteger su suministro de agua y pueden influir en el manejo de los humedales y de los recursos hídricos.

Referencias

- Abd El Samie, S. y Sadek, M. 2001. Groundwater recharge and flow in the Lower Cretaceous Nubian Sandstone aquifer in the Sinai Peninsula, using isotopic techniques and hydrochemistry. *Hydrogeology Journal* 9: 378-389.
- Acreman, M.C. 2001. Ethical aspects of water and ecosystems. *Water Policy Journal* 3: 257-265.
- Acreman, M.C. 1996. Environmental effects of hydroelectric power generation in Africa and the potential for artificial floods. *Water and Environment Journal* 10: 429-435.
- Acreman, M.C. 2003. *Case studies of managed flood releases. Environmental Flow Assessment Part III.* World Bank Water Resources and Environmental Management Best Practice Brief No 8. Banco Mundial, Washington DC.
- Acreman, M.C. y McCartney, M.P. 2000. Framework guidelines for managed flood releases from reservoirs to maintain downstream ecosystems and dependent livelihoods. International Workshop on Development and Management of Floodplains and Wetlands. Beijing, China, 5 a 8 de septiembre de 2000. 155-164.
- Acreman, M.C., Booker, D.J. y Riddington, R. 2003. Hydrological impacts of floodplain restoration: a case study of the river Cherwell, UK. *Hydrology and Earth System Sciences* 7,1, 75-86.
- Acreman, M.C., King, J., Hirji, R., Sarunday, W., y Mutayoba, W. 2006. Capacity building to undertake environmental flow assessments in Tanzania. *Proceedings of the International Conference on River Basin Management, Morogorro, Tanzania, March 2005.* Sokoine University, Morogorro. Disponible en: www.iwmi.cgiar.org/Research_Impacts/Research_Themes/BasinWaterManagement/RIPARWIN/Outputs.aspx.
- Adhikari, S., Liyanarachchi, S., Chandimala, J., Nawaratne, B.K., Yahiya, Z., Bandara, R., y Zubair, L. 2010. Rainfall prediction based on the relationship between rainfall and El Niño Southern Oscillation (ENSO). *Journal of the National Science Foundation* 38, 4.
- Alhassan, H.S. 2009. Butterflies vs hydropower: reflections on large dams in contemporary Africa. *Water Alternatives* 2, 1, 148-160.
- Anderson A. y MacKay H.M. 2012 (en prep.). Wetlands and energy issues: a review of the possible implications of policies, plans and activities in the energy sector for the wise use of wetlands. Informe Técnico de Ramsar, Convención de Ramsar sobre los Humedales.
- Banco Mundial. 2007. *Review of greenhouse gas emissions from the creation of hydropower reservoirs in India.* Banco Mundial, Washington, DC
- Barnett, T.P., Adam, J.C. y Lettenmaier, D.P. 2005. Potential impacts of a warming climate on water availability in snow-dominated regions. *Nature* 438 7066, 303-309.
- Blaney, H.F. y Muckel, D.C. 1955. Evaporation and evapotranspiration investigations in the San Francisco Bay area. *Trans. Am. Geophys. Un.* 36, 813-820.
- Brown, C. y King, J. 2003. Environmental flow: concepts and methods. Water Resources and Environment, Technical Note C1. Banco Mundial, Washington D.C., Estados Unidos de América.
- Brown, C. y Lall, U. 2009. Water and economic development: the role of variability and a framework for resilience. *Natural Resources Forum* 30, 306-317.
- Bullock, A. y Acreman, M.C. 2003. The role of wetlands in the hydrological cycle. *Hydrology and Earth System Sciences* 7, 3, 75-86.
- Burke, E.J., S.J. Brown & N. Christidis. 2006. Modelling the recent evolution of global drought and projections for the 21st century with the Hadley Centre climate model. *J. Hydrometeorol.*, 7, 1113-1125.
- Burma Rivers Network. 2008. Tasang dam: www.burmariversnetwork.org/dam-projects
- Comisión Económica para África. 2008. *Africa Review Report on drought and desertification*, Comisión Económica para África, Addis Abeba.
- Commission for Africa. 2005. *Our common interest.* Commission for Africa. www.commissionforafrica.info/
- Comisión Mundial de Presas. 2000a. *Dams and development.* Earthscan, Londres.

- Comisión Mundial de Presas. 2000b. *Tucuruí Hydro-power Complex Brazil*. Estudio de caso de la CMP www.dams.org/docs/kbase/studies/csbrmain.pdf.
- Convención de Ramsar. 2012. Proyecto de Resolución XI.10 (Humedales y cuestiones energéticas) preparada para la 11ª reunión de la Conferencia de las Partes Contratantes. www.ramsar.org/pdf/cop11/doc/cop11-dr10-s-energy.pdf.
- Davidson, N.C. y Delany, S. 1999. *Biodiversity impacts of large dams: waterbirds*. Appendix to: McAllister, D.E., Craig, J., Davidson, N. & Seddon, M. *Large dam impacts on freshwater biodiversity*. Informe de la UICN – Unión Mundial para la Naturaleza a la Comisión Mundial de Presas.
- Delmas, R. 2005. Long term greenhouse gas emissions from the hydroelectric reservoir of Petit Saut (French Guiana) and potential impacts. *Global Warming and Hydroelectric Reservoirs*, CDD 363.73874, 117-124.
- División de Población del Departamento de Asuntos Económicos y Sociales de las Naciones Unidas. 2006. *World population prospects*. Naciones Unidas, págs. 37-42. www.un.org/esa/population/publications/wpp2006/WPP2006.
- Economist. 2009. Buying land abroad. Outsourcing's third wave. *Economist*, mayo de 2009.
- Emerton, L. y Bos, E. 2004. *Value: counting ecosystems as water infrastructure*. Water and Nature Initiative, UICN – Unión Mundial para la Naturaleza.
- Evaluación de los Ecosistemas del Milenio. 2005. *Ecosystems and human well-being*. Island Press, Washington, D.C.
- Fondo de Población de las Naciones Unidas. 2007. *State of world population: peering into the dawn of an urban millennium*. www.unfpa.org.
- Gedney, N., Cox, P.M., Betts, R.A., Boucher, O., Huntingford, C. & Stott, P.A. 2006. Detection of a direct carbon dioxide effect in continental river runoff records. *Nature* 439: 835–838.
- Gini, C. 1912. Variabilità e mutabilità (*Variabilidad y mutabilidad*), C. Cuppini, Bologna, 156 páginas. [Reimpreso en *Memorie di metodologica statistica* (ed. Pizzetti E, Salvemini, T). Roma: Libreria Eredi Virgilio Veschi (1955).]
- Gleick, P.H., ed. 1993. *Water in crisis: a guide to the world's fresh water resources*. Oxford University Press, Oxford.
- Grey, D. y Sadoff, C. W. 2007. Sink or swim? Water security for growth and development. *Water Policy* 9: 545–571.
- Hanjra, M.A., Ferede, T., Gutta, D.G. 2009. Pathways to breaking the poverty trap in Ethiopia: investments in agricultural water, education and markets. *Agricultural Water Management*, 96, 11, 2-11.
- Hurst, H.E. 1933. The Sudd region of the Nile. *J. Roy. Soc. Arts* 81, 721-736.
- Hanjra, M.A. y Qureshi, M.E. 2010. Global water crisis and future food security in an era of climate change. *Food Policy* 35, 365-377.
- Hussain, I. y Hanjra, M.A. 2004. Irrigation and poverty alleviation: review of the empirical evidence, *Irrigation and Drainage* 53, 1, 1–15.
- IEA. 2010. World Energy Outlook 2010. International Energy Agency, París. www.iea.org/weo/2010.asp.
- IPCC. 2007. *Cambio climático 2007: las bases científicas físicas*. Contribución del Grupo de trabajo I al Cuarto Informe de Evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático [Solomon, S., D. Qin, M. Manning, Z. Chen, M. Marquis, K.B. Averyt, M. Tignor y H.L. Miller (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, Reino Unido y Nueva York, NY, Estados Unidos de América, 996 págs.
- International Hydropower Association. 2004. *Sustainability guidelines*. International Hydropower Association, Londres.
- International Hydropower Association. 2006. *Sustainability assessment protocol*. International Hydropower Association, Londres.
- International Hydropower Association. 2008. *Hydropower: making a significant contribution worldwide*. International Hydropower Association, Londres.
- International Water Power & Dam Construction. 2008. www.waterpowermagazine.com/.
- Kansiime, F. y Nalubega, M. 1999. *Wastewater treatment by a natural wetland: the Nakivubo swamp, Uganda: processes and implications*. PhD dissertation, IHE Delft, Países Bajos.

- Keller, A., Sakthivadivel, R. y Seckler, D. 2000. *Water scarcity and the role of storage in development*. IWMI Research Report 39. IWMI, Colombo.
- Ledec, G. y Quintero, J.D. 2003. *Good dams and bad dams: environmental criteria for site selection of hydro-electric projects*. World Bank Latin America and Caribbean Region Sustainable Development Working Paper 16. Washington, D.C.
- Le Quesne, T., Kendy, E., y Weston, D. 2010. The implementation challenge: taking stock of government policies to protect and restore environmental flows. WWF-Reino Unido y The Nature Conservancy.
- Loth, P. 2004. *The return of the water: restoring the Waza-Logone floodplain in Cameroon*. UICN, Gland, Suiza. 153 págs.
- Mason, S., Hagmann, T., Bichsel, C., Ludi, E., Arsano, Y. 2007. Linkages between sub-national and international water conflicts: the Eastern Nile Basin. En: Brauch H.G., Grin J. et al. (eds), *Facing global environmental change: environmental, human, energy, food, health and water security concepts*, Berlín, Springer-Verlag.
- McCartney, M. y Smakhtin, V. 2010. Water storage in an era of climate change. IWMI Blue Paper. IWMI, Colombo.
- Meehl, G.A., Stocker, T.F., Collins, W.D., Friedlingstein, P., Gaye, A.T., Gregory, J.M., Kitch, A., Knutti, R., Murphy, J.M., Noda, A., Raper, S.C.B., Watteron, I.G., Weaver, A.J. & Zhuo, Z.-C. 2007. Proyecciones para la evolución futura del clima mundial. En: *Cambio climático 2007: las bases científicas físicas. Contribución del Grupo de trabajo I al Cuarto Informe de Evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático* [Solomon, S., D. Qin, M. Manning, Z. Chen, M. Marquis, K.B. Averyt, M.Tignor y H.L. Miller (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, Reino Unido y Nueva York, NY, Estados Unidos de América.
- Millan, J. 1999. *The future of large dams in Latin America and the Caribbean*. Inter-American Development Bank Energy Strategy. IDB, Washington, D.C.
- Mitsch, W.J., y J.G. Gosselink. 2007. *Wetlands*, 4ª ed., John Wiley & Sons, Inc., Nueva York
- Mohamed, Y.A., van den Hurk, B.J.J.M., Savenije, H.H.G. y Bastiaanssen W.G.M. 2005. Impact of the Sudd wetland on the Nile hydroclimatology, *Water Resour. Res.* 41, W08420.
- Molden, D., ed. 2007. *The Comprehensive assessment of water management in agriculture*. Earthscan, Londres, IWMI, Colombo
- Moore, D., Dore, J., Gyawali, D. 2010. The World Commission on Dams +10; revisiting the large dam controversy. *Water Alternatives* 3, 2. 3-13. www.water-alternatives.org.
- Petts, G.E. 1984. *Impounded rivers: perspectives for ecological management*. John Wiley and Sons, Chichester, 326 págs.
- Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo. 2006. *Informe sobre Desarrollo Humano*. Macmillan, Nueva York.
- Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente. 2008. *An overview of the state of the world's fresh and marine waters*. Segunda edición. PNUMA, Nairobi.
- Ray, D.E. 2008. Data show that China's more meat-based diet is not the cause of ballooned international corn prices? Agricultural Policy Analysis Center, University of Tennessee, article 48. www.agpolicy.org/weekpdf/408.
- Rowlston, W.S. y Palmer, C.G. 2002. Processes in the development of resource protection provisions on South African Water Law. *Proceedings of the International Conference on Environmental Flows for River Systems*, Ciudad del Cabo, marzo de 2002.
- Sadoff, C.W., Grey, D. 2002. Beyond the river: the benefits of cooperation on international rivers. *Water Policy* 4, 389-403
- Secretaría de la Comisión de Agua y Energía. 2002. *Water resources strategy*. Gobierno del Reino de Nepal, Katmandú.
- Smith, M., de Groot, D., Bergkamp, G. 2006. *Pay-establishing payment for watershed services*. UICN, Gland, Suiza. 109 págs.
- Sullivan, C.A., Meigh, J.R., Giacomello, A.M., Fediw, T., Lawrence, P., Samad, M. Mlote, S., Hutton, C., Allan, J.A., Schulze, R.E., Dlamini, D.J.M., Cosgrove, W., Delli Priscoli, J., Gleick, P., Smout, I., Cobbing, J., Calow, R., Hunt, C., Hussain, A., Acreman, M.C., King, J., Malomo, S., Tate, E.L., O'Regan, D., Milner, S., Steyl, I. 2003. The Water Poverty Index: Development and application at the community scale. *Natural Resources Forum* 27, 3, 25-41.

Taylor, C.M. 2009. Feedbacks on convection from an African wetland. *Geophysical Research Letters* 37, L05406.

Torcellini, P., Long, N. y Judkoff, R. 2003. *Consumptive water use for US power production*. National Renewable Energy Laboratory Technical report 550-33905.

Touchon, R., Anchukaitis, K.L., Meko, D.M., Attalah, S., Baisan, C., y Aloui, A. 2008. Long term context for recent droughts in northwestern Africa. *Geophysical Research Letters* 35, L13705.

Wright, E.P., Benfield, A.C., Edmunds, W.M. y Kitching, R. 1982. Hydrogeology of the Kufra and Sirte basins, eastern Libya. *Quarterly Journal of Engineering Geology & Hydrogeology* 15, 2, 83-103.

La serie de Notas de información

La serie de Notas de información científica y técnica de Ramsar es preparada por el Grupo de Examen Científico y Técnico (GECT) de la Convención de Ramsar con objeto de compartir con un amplio público información científica y técnica pertinente, creíble e interesante sobre los humedales. Las Notas de Información son revisadas a nivel internacional por los miembros del GECT y por un reducido grupo editorial interno, compuesto por el Presidente del GECT y el responsable del Área de Trabajo Temática o bien por el responsable de la tarea en cuestión, con la ayuda del Secretario General Adjunto de la Convención.

La Secretaría de la Convención de Ramsar publica las Notas de Información en inglés en formato electrónico (PDF). Cuando los recursos lo permitan, se publicarán también en español y francés (los otros dos idiomas oficiales de la Convención) y en forma impresa.

Si desea más detalles sobre las Notas de Información o si desea solicitar información sobre el modo de contactar con sus autores, sírvase ponerse en contacto con la Secretaría de Ramsar utilizando la siguiente dirección: stp@ramsar.org.

© 2012 Secretaría de la Convención de Ramsar

Autor: Dr Mike Acreman, Head of hydro-ecology and wetlands, Centre for Ecology and Hydrology, UK (man@ceh.ac.uk). Responsable del Área de Trabajo Temática del GECT de Recursos Hídricos, 2009-2012

Citación: Acreman, M.C. 2012. *Humedales y almacenamiento de agua: tendencias y cuestiones actuales y futuras*. Notas de información científica y técnica de Ramsar nº 2. Gland, Suiza: Secretaría de Ramsar.

Título original: *Wetlands and water storage: current and future trends and issues* (2012). Traducción: Javier Casáis. Diseño y maquetación: Dwight Peck.

Las opiniones y designaciones expresadas en estas publicaciones son las de sus autores y no representan puntos de vista oficialmente adoptados por la Convención de Ramsar o su Secretaría.

Estas publicaciones pueden reproducirse para fines educativos o no comerciales sin ningún permiso especial de los titulares de los derechos de autor, siempre que se cite la fuente.

La Convención sobre los Humedales (Ramsar, Irán, 1971) -- llamada la "Convención de Ramsar" -- es un tratado intergubernamental en el que se consagran los compromisos contraídos por sus países miembros para mantener las características ecológicas de sus Humedales de Importancia Internacional y planificar el "uso racional", o uso sostenible, de todos los humedales situados en sus territorios.

Secretaría de Ramsar
Rue Mauverney 28
CH-1196 Gland, Suiza
Tel.: +41 22 999 0170
Fax: +41 22 999 0169
E-Mail: ramsar@ramsar.org
Sitio web: www.ramsar.org