



CONCLUSIONES

7^o foro

AGUA PARA EL DESARROLLO 2012
El cambio climático y los recursos hídricos



FUNDACIÓN CANAL
Canal de Isabel II



foro

AGUA PARA EL DESARRO

Encuentro para el intercambio de experiencias sobre proyectos de agua



FUNDACIÓN CANAL
Canal de Isabel II

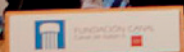


Canal
ENTORNO

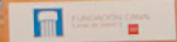


Canal
SOLIDARIO

FUNDACIÓN CANAL FUNDACIÓN C FUNDACIÓN CANAL FUN
CANAL FUNDACIÓN CANAL FUNI N CANAL FUNDACIÓN CAN
DACIÓN CANAL FUNDACI FUNDACIÓN CANAL FUN
FUNDACIÓN CANAL FUNDACI FUNDACIÓN CANAL FUN
CIÓN CANAL FUNDACI FUNDACIÓN CANAL FUN



Luis Martínez



María José





MUNDO

FUNDACIÓN CANAL FUNDACIÓN CANAL
FUNDACIÓN CANAL FUNDACIÓN CANAL
FUNDACIÓN CANAL FUNDACIÓN CANAL
FUNDACIÓN CANAL FUNDACIÓN CANAL
FUNDACIÓN CANAL FUNDACIÓN CANAL

Contenido

PRESENTACIÓN	5
1. INTRODUCCIÓN	7
2. LOS RECURSOS HÍDRICOS EN EL MUNDO	11
3. LOS RECURSOS HÍDRICOS Y EL CAMBIO CLIMÁTICO EN ESPAÑA	31
4. EL PLAN NACIONAL DE ADAPTACIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO DE ESPAÑA	37
5. CAMBIO CLIMÁTICO Y GESTIÓN DE RECURSOS HÍDRICOS EN EUROPA	43
6. ESTUDIO SOBRE LAS POLÍTICAS DE ADAPTACIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO EN LA COMUNIDAD DE MADRID	51
7. EL CAMBIO CLIMÁTICO Y EL DERECHO HUMANO AL AGUA Y AL SANEAMIENTO	59

Presentación

El agua es el principal medio a través del cual el cambio climático afecta a los ecosistemas y, por ende, a la vida y al bienestar humano. Actualmente ya se aprecian los efectos del cambio climático sobre los recursos hídricos a través de sequías e inundaciones cada vez más frecuentes e intensas, pero también en modificaciones sustanciales en el régimen histórico de las precipitaciones que, junto con la subida de las temperaturas, influirán de forma determinante en la disponibilidad de este recurso, comprometiendo, en muchos casos, la supervivencia y el desarrollo de numerosas comunidades, especialmente las más vulnerables.

Comoquiera que el agua es un elemento transversal a numerosos sectores de la actividad humana, los impactos sobre los recursos hídricos tendrán una influencia relevante en la sociedad, especialmente en la salud, la producción y la seguridad alimentaria, el abastecimiento y el saneamiento de asentamientos humanos, la energía, la industria y el funcionamiento de los ecosistemas, entre otros. Pero también, como ha puesto en evidencia el Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático en numerosas ocasiones, estos impactos afectarán especialmente a los países menos desarrollados y a los sectores sociales más vulnerables y empobrecidos, pudiendo llegar a comprometer la lucha contra la pobreza y el desarrollo sostenible.

En este contexto, la adaptación al cambio climático está fundamentalmente relacionada con el agua, y de forma especial con su gestión; asumir este hecho de forma consecuente implica incorporar la adaptación a las políticas de desarrollo, fortalecer las instituciones con competencias en agua, mejorar la eficiencia en la gestión e incrementar la financiación de acciones de adaptación, pero teniendo en cuenta que el acceso al agua es un derecho humano reconocido y vinculante.

A pesar de que el cambio climático ya se está manifestando inequívocamente, y de la necesidad de emprender las medidas de adaptación, no se detecta una voluntad política generalizada para hacerlo, como lo ha puesto de manifiesto las Naciones Unidas que reclama la urgencia en reconocer el papel crucial del agua en la adaptación al cambio climático con el fin de reforzar la resiliencia y alcanzar un desarrollo sostenible.

La problemática anterior fue la que se abordó en el séptimo Foro Agua para el Desarrollo que tuvo lugar el 5 de junio de 2012 en la sede de la Fundación Canal; la publicación que ahora se presenta se nutre de lo fundamental de las ponencias presentadas y del debate y la reflexión que entonces se suscitó y que se sintetiza en la caracterización de la situación actual de los recursos hídricos en el mundo y los previsible impactos que, sobre ellos, ocasionará el cambio climático, así como en su influencia en las políticas nacionales de adaptación, en las experiencias internacionales para caracterizarlas y en los instrumentos de financiación destinados a facilitar las intervenciones de adaptación.



1 Introducción

El séptimo Foro Agua para el Desarrollo que tuvo lugar el 5 de junio de 2012, estuvo dedicado a analizar las relaciones e impactos del cambio climático en los recursos hídricos, cuyo conocimiento se considera fundamental para abordar las acciones de lucha contra el cambio climático y, específicamente, las de adaptación. Esto es así porque el agua es transversal a numerosos sectores de la actividad humana y es fundamental para la vida y el bienestar de las personas; a través del agua, el cambio climático afecta a los principales sectores de actividad y, en la medida en que el acceso al agua es un derecho humano, también configura escenarios en los que puede ser conculcado.

El Foro fue inaugurado por Eva Tormo Mairena, Directora Gerente de la Fundación Canal, y contó con la participación de un nutrido grupo de expertos, cuyas ponencias sirvieron para contextualizar el debate y dotarlo de contenido:

- Susana Magro, Directora General de la Oficina Española de Cambio Climático (OECC). Introdujo el Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático de España (PNACC), redactado en 2006 por la propia OECC, pasando revista a los dos programas de trabajo que se han establecido desde entonces y los avances que se han experimentado. Concretamente, en la actualidad se cuenta con una serie de escenarios climáticos regionalizados que han permitido disponer de información bastante avanzada de la evaluación de los impactos del cambio climático sobre los recursos hídricos, la biodiversidad y las zonas costera; además, se han empezado a estudiar los impactos relativos a la salud, agricultura, turismo, bosques y suelos. Por lo que respecta a los recursos hídricos, el estudio previsto en el PNACC sobre la evaluación de los impactos, abordará los aspectos cuantitativos, cualitativos, los usos y la gestión del agua; actualmente ya se cuenta con los resultados de los impactos del cambio climático en relación con la disponibilidad del recurso. Además, y en el plano normativo, los resultados del Plan se han incorporado a una serie de documentos base de la planificación hidrológica española.
- Philippe Quevauviller, profesor de la *Vrije Universiteit Brussel*. Hizo una extensa relación de la forma en la que la Directiva Marco del Agua (DMA) de la Comisión Europea favorece la consideración del cambio climático, en la medida en la que asume la gestión integrada de los recursos hídricos; llamó la atención de que, además del marco de gestión establecido por la DMA, en el contexto europeo se han tenido en cuenta específicamente los desastres naturales relacionados con el cambio climático, y concretamente las inundaciones -consideradas -consideradas en una Directiva concreta-, y las sequías. Por último, pasó revista al estado del conocimiento en el marco europeo del impacto del cambio climático en los recursos hídricos diferenciando los ámbitos del ciclo del agua y los ecosistemas, las sequías, inundaciones extremas y las necesidades de interacción entre la ciencia y las políticas.
- Luis Garrote, Catedrático de la Universidad Politécnica de Madrid. Presentó el estudio *Adaptación al cambio climático. Identificación de medidas de adaptación a partir de los impactos sobre los recursos hídricos en la Comunidad de Madrid* financiado por la Fundación Canal. En el estudio se revisan los antecedentes documentales de las diversas tipologías de actuación frente al cambio climático en diversos sectores relacionados con el agua y en los que se hayan caracterizado los impactos del cambio climático en los recursos hídricos, con el fin de caracterizar su situación en la Comunidad de Madrid. En relación con los recursos hídricos, se aprovechó el más reciente, que es el realizado por el CEDEX en el marco de desarrollo del PNACC, llegándose a caracterizar los recursos en diferentes horizontes temporales. A partir de esta información se consideraron aquellos sectores de actividad en los

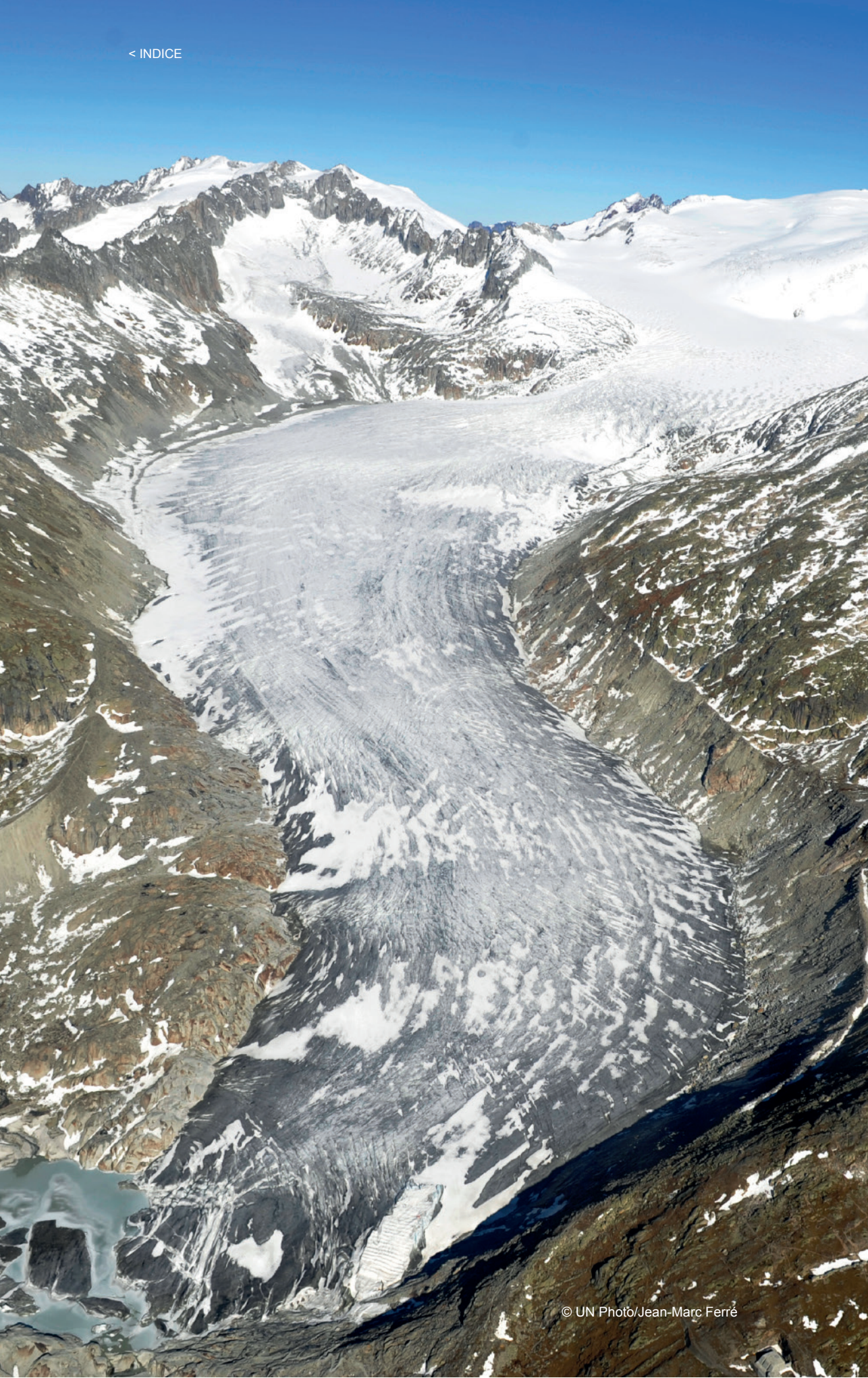
que el agua juega un papel relevante, llegándose a caracterizar, en términos cualitativos, los efectos que el cambio climático tendrá sobre ellos. Como consecuencia de este análisis, se proponen diversas medidas sectoriales de adaptación y una serie de recomendaciones para abordar estudios futuros, que están en la línea de los previstos en el PNACC.

- Mónica Corrales, Vocal Asesora para medio ambiente, agua y cambio climático de la Agencia Española de Cooperación Internacional para el Desarrollo (AECID). Resaltó, en primer lugar, que el cambio climático es actualmente uno de los principales retos ambientales pero también una amenaza global para el desarrollo humano y la lucha contra la pobreza, toda vez que serán los países en desarrollo y las poblaciones más vulnerables las que sufrirán en mayor medida sus consecuencias. De hecho, el cambio climático condiciona todos los Objetivos de Desarrollo del Milenio y, en buena medida, está ya frenando su consecución. Es en este contexto en el que cobra todo el sentido poner en evidencia la cooperación al desarrollo con el cambio climático. En el ámbito español, el cambio climático se tiene en cuenta en las políticas de cooperación en el III Plan Director de la Cooperación española, que contempla como prioridad sectorial la “Sostenibilidad ambiental, lucha contra el cambio climático y hábitat” y, a su vez, se menciona dentro de la prioridad horizontal “Sostenibilidad ambiental” de manera que se tiene en cuenta en todas las actuaciones de la cooperación española las consecuencias que pueden producirse debido al cambio climático. Además, se cuenta con un Plan de actuación sectorial de Medio Ambiente y Cambio Climático que recoge seis líneas estratégicas a partir de las consideradas en el Plan Director. Por último, y en relación con el agua, puso en evidencia que uno de los aspectos transversales de las directrices básicas para la integración del marco conceptual de la AECID en los programas y proyectos de agua y saneamiento es, precisamente, el cambio climático.
- Bárbara Mateo, de la Oficina de Naciones Unidas de la Alta Comisionada para Derechos Humanos. Para contextualizar las relaciones entre el derecho humano al agua y al saneamiento y el cambio climático, llamó la atención de que su consideración internacional se hace desde dos agendas distintas y que se rigen por instrumentos legales diferentes. En todo caso, resaltó las obligaciones que tienen los Estados para con el derecho humano al agua, y que se concretan en las de respetar, proteger y cumplir, y que deben tenerse en cuenta en acciones vinculadas con el cambio climático, en atención a las estrechas relaciones que existe, especialmente en las actividades de adaptación. Analizó las afecciones del cambio climático en los criterios normativos del derecho humano -disponibilidad, calidad, accesibilidad, asequibilidad, aceptabilidad-, y esbozó los temas a incluir en los Planes de Adaptación para que fueran consecuentes con el derecho al agua y al saneamiento: i) priorizar los usos personales y domésticos del agua; ii) incluir objetivos nacionales e indicadores alineados con los derechos humanos y iii) adaptar los objetivos nacionales a las regiones de cada país, sobre todo las más vulnerables al cambio climático.
- Anna Fornells, ex Presidenta de la Junta del Fondo de Adaptación. Convención Marco de Naciones Unidas sobre Cambio Climático. Describió en detalle el Fondo de Adaptación, que se creó para financiar proyectos y programas cuyo objetivo expreso sea adaptarse y aumentar la resiliencia al cambio climático, y que se lleven a cabo en países en desarrollo que, siendo Partes del Protocolo de Kioto, sean especialmente vulnerables a los efectos del cambio climático. El gobierno del Fondo lo realiza la Junta, integrada por 16 miembros y sus correspondientes suplentes, la mayoría de países en desarrollo y se cuenta con sendos Comités de examen de proyectos y de ética y finanzas, y de un panel de acreditación; la secretaria del Fondo recae provisionalmente en el Fondo para el Medio Ambiente, y el Banco Mundial actúa como administrador fiduciario, también de forma provisional. Por lo que a recursos disponibles se refiere, a finales de marzo de 2012 se estima contar con 479,14 millones de dólares. El Fondo tiene como fuente los recursos provenientes del gravamen internacional del 2% de las certificaciones de reducción de emisiones producidos por proyectos MDL, además de contribuciones de los gobiernos, sector privado e individuales. El acceso a los fondos puede hacerse directamente a la Junta a través de una entidad de implementación nacional acreditada -actualmente hay 8 en todo el mundo-, o contando con una entidad regional, de las que hay acreditadas una en África y 10 organizaciones multilaterales de implementación. Precisamente una de las debilidades del Fondo es la ausencia de un proceso sólido para seleccionar a las entidades de implementación susceptibles de ser acreditadas. Finalmente, se resalta que, desde 2010, cuando se acreditaron las primeras entidades de implementación nacionales y multilaterales, se ha aprobado la financiación de 5 proyectos en África, 4 en Asia, 1 en Europa oriental, 4 en Latinoamérica y 4 en la zona del Pacífico.



- Julio García, de la Oficina Regional para las Américas. Estrategia Internacional para la Reducción de los Desastres de las Naciones Unidas. Explicó la experiencia de la Red Iberoamericana de Oficinas de Cambio Climático (RIOCC), que fue creada en 2004 durante el IV Foro Iberoamericano de Ministros de Medio Ambiente con los objetivos generales de establecer un marco para impulsar el diálogo técnico permanente en materia de cambio climático e integrarlo en el ámbito político al más alto nivel sobre las estrategias de desarrollo económico y de la protección del medio ambiente. La creación de esta Red constituye, probablemente, la iniciativa de mayor calado político realizada por la Comunidad Iberoamericana de naciones ya que se configura como un instrumento de diálogo permanente sobre mitigación y adaptación en materia de cambio climático. En la RIOCC participan las oficinas de cambio climático de 21 países y, además, en las reuniones anuales y de formación, acuden diferentes organismos, centros e instituciones regionales e internacionales. La Red tiene seis áreas de actividad: observación e investigación sistemática; fomento de las capacidades; adaptación; MDL; cambio climático y ayuda al desarrollo y otras actividades encaminadas al fortalecimiento institucional y a la educación, formación y divulgación. Concretamente, en el contexto de la adaptación, en 2005 se introdujo el Programa iberoamericano de adaptación al cambio climático (PIACC) para propiciar la definición y aplicación de estrategias de adaptación en la región, y apoyar a los miembros de la RIOCC en la evaluación de los impactos, la vulnerabilidad y las opciones de adaptación al cambio climático de forma prioritaria en los sectores de los recursos hídricos, la salud humana y la agricultura. Hasta la fecha el PIACC cuenta con una cartera significativa de proyectos de adaptación en la región, se han identificado proyectos de interés regional destinados a evaluar los impactos del cambio climático y se han celebrado numerosos talleres regionales de capacitación, intercambio de información y experiencias.

Fruto de las ponencias presentadas y del debate que se suscitó durante el Foro, es el texto que se desarrolla en los apartados siguientes, en los que se caracterizan los recursos hídricos en el mundo, los previsibles impactos del cambio climático sobre los recursos hídricos en España y los temas más significativos del Foro.



2 LOS RECURSOS HÍDRICOS EN EL MUNDO

INTRODUCCIÓN

En términos generales se estima (Shiklomanov, 2003) que en el planeta hay 1.386 millones de km³ de agua, de los que el 97,5 % es salada -en torno a 1.350,96 millones de km³-, y por tanto no puede ser utilizada directamente para el abastecimiento de poblaciones o en regadíos; el 2,5 % restante es agua dulce, lo que supone un volumen cercano a los 35 millones de km³ -si se pudiera distribuir este volumen alrededor de toda la superficie terrestre se conseguiría una capa de agua de unos 70 m de espesor-. Sin embargo la mayor parte del agua dulce no está disponible directamente sino que se encuentra concentrada en los casquetes polares y en acuíferos subterráneos profundos. Menos de 100.000 km³ está en los ríos y lagos, que es donde está el volumen susceptible de ser utilizado directamente por el hombre para cubrir sus necesidades vitales y su actividad productiva, así como para las asociadas con los ecosistemas que dependen de ella. En el cuadro 1 se sintetiza la distribución del agua en el planeta.

Cuadro 1. Distribución del agua en el mundo

	VOLUMEN (1.000 km ³)	PORCENTAJE DEL AGUA TOTAL	PORCENTAJE DEL AGUA DULCE
AGUA SALADA			
Océanos	1.338.000	96,50	
Agua subterránea	12.870	0,93	
Lagos	85,4	0,006	
AGUA DULCE			
Glaciares y nieves perpetuas	24.064	1,74	68,70
Agua subterránea	10.530	0,76	30,06
Hielo superficial (permafrost)	300	0,22	0,86
Lagos	91	0,007	0,26
Humedad del suelo	16,5	0,001	0,05
Agua en la atmósfera	12,9	0,001	0,04
Marismas y zonas húmedas	11,5	0,001	0,03
Ríos	2,12	0,0002	0,006
Agua biológica	1,12	0,0001	0,003
AGUA TOTAL (1.000 km³)	1.386.000		
AGUA DULCE TOTAL (1.000 km³)	35.029		

El agua se encuentra en el planeta en diversos estados y formas que están en continua transformación. El agua es un recurso renovable, aunque finito, ya que es la consecuencia de la actuación de la energía solar sobre la tierra, que produce la evaporación de los océanos y de la superficie terrestre y la redistribuye alrededor del planeta siguiendo lo que se conoce como el ciclo hidrológico, que sintetiza los cambios del agua en sus diversas formas en las que se presenta y las interacciones entre los estados sólido, líquido y gaseoso. El volumen evaporado de los océanos es mayor que el que precipita en los mismos, de forma que existe una transferencia permanente de agua desde los océanos a los continentes. Esta agua es la masa líquida que fluye en los cauces y arroyos y es la que abastece a los ecosistemas, recarga los acuíferos y satisface las demandas hídricas de las poblaciones. En términos anuales, alrededor de 43.000 km³ retornan a los océanos a partir de la escorrentía superficial y subterránea.

Anualmente el movimiento global de agua abarca a 577.000 km^3 ; el agua que se evapora de los océanos (502.800 km^3) y de la tierra (74.200 km^3) es la que luego precipita, tanto en la superficie de los mares (458.000 km^3) como de los continentes (119.000 km^3). La diferencia entre la precipitación y la evaporación representa la escorrentía superficial (42.600 km^3) y la subterránea (2.200 km^3) que anualmente llega al mar (Shiklomanov, 2003).

Sin embargo, los recursos hídricos no están uniformemente distribuidos; tanto la lluvia como la escorrentía se reparten espacial y temporalmente de una forma muy irregular, de modo que es frecuente no disponer del recurso cuando y donde se le necesita. Algunas regiones cuentan con enormes cantidades de agua mientras que en otras su disponibilidad es prácticamente nula. Por ejemplo, en el desierto de Atacama en Chile es normal que no llueva durante todo el año, configurándose como una de las zonas más áridas del mundo; por el contrario en el monte Waialeale en la Isla de Kauai, en Hawai, se han llegado a medir hasta 11,5 m de precipitación en un año o en Cheerapunji, India, más de 10,5 m de la lluvia anual que le corresponde se producen durante la época de los Monzones. En California prácticamente no llueve entre Mayo y Septiembre, que es cuando se producen las mayores demandas de agua, circunstancia que se reproduce, por ejemplo, en el Levante español.

LOS RECURSOS SUPERFICIALES EN EL MUNDO

La cuantificación de los recursos hídricos es siempre una estimación cuya fiabilidad depende de la cantidad, homogeneidad y validez de los datos de partida, que suelen ser valores de precipitación, caudales fluyentes de agua, volúmenes embalsados, humedad del suelo, evaporación, temperatura, etc, que, a su vez, se obtienen de redes hidrometeorológicas de medida directa. El desarrollo de este tipo de redes ha experimentado recientemente un impulso notable, incluso las que trabajan en tiempo real; en todo caso las series disponibles son heterogéneas en cuanto a su calidad, representatividad y longitud temporal, a pesar de las directrices establecidas al respecto por la Organización Meteorológica Mundial. Precisamente la conveniencia de disponer de series de datos fiables y homogéneos es un aspecto que debe conseguirse en el marco de convenios de cooperación técnica internacional en aras a posibilitar una evaluación global y veraz de los recursos hidráulicos a escala planetaria.

A partir de la década de los años 60 del siglo pasado se puso en evidencia un incremento notable de los consumos de agua, de forma que algunos científicos predijeron que entre la década de los 60 y 70 las demandas de agua crecerían exponencialmente, estimándose que en Estados Unidos las tasas de consumo crecerían de 3 a 4 veces las de la década de los 60, y que llegarían hasta 6 o 7 veces en la entonces Unión Soviética. A escala mundial, se esperaba que, a finales del siglo, las demandas de agua podrían alcanzar entre 9.000 a 11.000 km^3 al año.

Teniendo en cuenta estas precisiones, los recursos hídricos adquirieron un protagonismo político, social y administrativo, y se puso en evidencia la necesidad de conocer los volúmenes de agua en el mundo y caracterizar su disponibilidad tanto temporal como geográficamente. Consecuentemente, se realizó un esfuerzo notable por parte de la comunidad científica destinado a caracterizar y cuantificar los recursos de agua a escala mundial, toda vez que es un dato relevante para el establecimiento de políticas de desarrollo.

Las principales agencias de Naciones Unidas relacionadas con el agua, y concretamente la UNESCO, la Organización Meteorológica Mundial y la FAO abordaron diversas actividades en este sentido y el decenio entre 1965 a 1974 fue declarado como la *Década Hidrológica Internacional* con objeto de potenciar la cooperación en torno a la hidrología y los recursos hídricos; al finalizar la *década*, se constituyó el denominado Programa Hidrológico Internacional (PHI) para dar continuidad a las actividades que se habían abordado.

Aunque la determinación de los recursos hídricos superficiales a escala planetaria se empezó a analizar de forma sistemática desde los inicios del siglo XX, lo cierto es que tuvo un especial impulso en el contexto de la *Década* y posteriormente en el marco del PHI protagonizado especialmente por numerosos hidrólogos del Instituto Hidrológico de la entonces Academia de Ciencias de la Unión Soviética; los primeros estudios estuvieron destinados a determinar los balances de agua a nivel mundial y conocer la distribución regional de los recursos hídricos superficiales en el planeta. En el cuadro 2 se reflejan los resultados de los estudios más significativos destinados a cuantificar los volúmenes de agua en el mundo.

Cuadro 2. Recursos hídricos superficiales. Resumen de resultados

AUTOR	AÑO	ESCORRENTÍA SUPERFICIAL (km ³ /año)
E. Brikner	1905	25.000
R. Fritsche	1906	30.640 (a)
G.Wttst	1920	37.100
M.I. Lvovitch	1945	37.000
M.I. Lvovitch	1964	37.320
I. Marcinec	1964	30 600 (a)
R. Nace	1968	42.600
M.I. Lvovitch	1969	38 180
M.I. Lvovitch	1973	41.730
I.A. Shiklomanov	1993	46.870
I.A. Shiklomanov	1998	42.740 (a)

Nota a) Sin considerar los casquetes polares
Fuente: Elaboración propia a partir de (Lvovitch, 1973)

La evidente dispersión de los resultados se debe tanto a las metodologías aplicadas como a la disponibilidad y calidad de la información disponible en cada momento, aunque en el cuadro se detecta también una convergencia de los valores globales en los últimos estudios. Con objeto de incorporar los datos más recientes y utilizar las metodologías más apropiadas disponibles, el Comité de la Federación Rusa del PHI asumió en 1991 el compromiso de realizar un estudio cuantitativo de los recursos hídricos mundiales (Shiklomanov, 2003).

En este estudio, la caracterización y cuantificación de los recursos hídricos superficiales se realizó analizando las series de caudales de un total de 2.500 estaciones de aforo emplazadas en las veintiséis regiones del planeta reflejadas en el cuadro 3; el periodo temporal cubierto por las series es de sesenta y cinco años cubiertos por el periodo que media entre 1921 y 1985-. En las zonas donde no se disponía de datos foronómicos -básicamente en áreas desérticas y tropicales-, el estudio se complementó con la aplicación de modelos de simulación precipitación-escorrentía.

Cuadro 3. Regiones del estudio (Shiklomanov, 2003)

REGIÓN	PAÍSES
EUROPA	
Norte	Dinamarca, Finlandia, Islandia, Noruega, Suecia
Central y occidental	Austria, Bélgica, Chequia, Francia, Alemania, Holanda, Polonia, Eslovaquia, Suiza, Reino Unido
Sur	Albania, Bulgaria, Grecia, Hungría, Italia, Portugal, Rumanía, España, Antigua Yugoslavia
Antigua Unión Soviética. Norte	Estonia, Latvia, Lituania, parte de Bielorrusia, Norte europeo de Rusia
Antigua Unión Soviética. Sur	Moldavia, Ucrania, parte de Bielorrusia, Sur europeo de Rusia
NORTE AMÉRICA	
Norte	Canadá, Alaska
Central	Estados Unidos
Sur	Belice, Costa Rica, Cuba, República Dominicana, El Salvador, Guatemala, Haití, Honduras, Jamaica, México, Nicaragua, Panamá, Puerto Rico, Trinidad y Tobago, y otras islas del Caribe
ÁFRICA	
Norte	Argelia, Egipto, Libia, Marruecos, Sudán, Túnez
Sur	Angola, Botsuana, Lesoto, Mozambique, Namibia, República Sud Africana, Suazilandia, Zimbabue
Oriental	Burundi, Djibouti, Etiopía, Kenia, Madagascar, Malawi, Ruanda, Somalia, Tanzania, Uganda, Zambia
Occidental	Benín, Burkina-Faso, Cabo Verde, Chad, Gambia, Ghana, Guinea, Guinea-Bissau, Liberia, Mali, Mauritania, Níger, Nigeria, Senegal, Sierra Leona, Togo
Central	Camerún, República Centro Africana, Congo, Guinea Ecuatorial, Gabón, Sao-Tomé y Príncipe, Zaire
ASIA	
Norte de China y Mongolia	China sin la Cuenca del Yangtsé, Mongolia, Corea
Sur	Bangladesh, Bután, India, Nepal, Pakistán, Sri Lanka
Occidental	Afganistán, Bahréin, Chipre, Iraq, Irán, Israel, Jordania, Kuwait, Lebanon, Omán, Qatar, Arabia Saudí, Turquía, Emiratos Árabes Unidos, Yemen
Sur oriental	Burma, Camboya, China (Cuenca del Yangtsé), Indonesia, Japón, Laos, Malasia, Filipinas, Tailandia, Vietnam
Asia central y Kazakstán	Kazakstán, Kirguizistán, Tayikistán, Turkmenistán, Uzbekistán
Siberia y extreme oriental de Rusia	Parte asiática de Rusia
Transcaucásica	Armenia, Azerbaiyán, Georgia
SUD AMÉRICA	
Norte	Colombia, Guayana francesa, Guayana, Surinam, Venezuela,
Oriental	Brasil
Occidental	Chile, Ecuador, Perú
Central	Argentina, Bolivia, Paraguay, Uruguay
AUSTRALIA AND OCEANÍA	
Australia	Australia
Oceanía	Nueva Zelanda, Papúa Nueva Guinea

Variabilidad regional

El valor estimado de los recursos hídricos superficiales -los que discurren por los ríos y están embalsados en los lagos, naturales o artificiales-, es de 42.784 km³/año (Shiklomanov, 2003), con graves variaciones espaciales y temporales-. Los mayores volúmenes de estos recursos se localizan en Asia (13.500 km³/año) y América del Sur (12.000 km³/año) ya que es donde discurren los ríos más importantes del Planeta, como son el Amazonas, Orinoco, Paraná, Ganges, Yangtsé, Mekong, Indo, Éufrates, etc, mientras que las regiones con menores recursos son Europa (2.900 km³/año) y Australia y Oceanía (2.400 km³/año). En el cuadro 4 se reflejan los valores característicos de las series analizadas.

Cuadro 4. Distribución regional de los recursos superficiales

REGIÓN	RECURSOS HÍDRICOS SUPERFICIALES (km ³ /año)			
	MEDIA	MÍNIMO	MÁXIMO	COEFICIENTE VARIACIÓN
Europa	2.900	2.454	3.410	0,08
Norte América	7.890	6.895	8.917	0,06
África	4.050	3.073	5.082	0,10
Asia	13.510	11.800	15.000	0,06
Sud América	12.030	10.320	14.350	0,07
Australia y Oceanía	2.404	1.891	2.880	0,10

Se verifica que más de la mitad de la escorrentía superficial del planeta tiene lugar en Asia y América del Sur, así como que la mayor parte de los recursos superficiales -por encima del 80%-, se concentra en el norte y las zonas ecuatoriales, donde la densidad de población es menor, en términos relativos.

Además del estudio referido, existen otras fuentes de información de recursos hídricos que cubren un ámbito supranacional e, incluso, global; entre todas, cabe resaltar el sistema Aquastat de la FAO que incluye datos a nivel nacional, regional y global y que es actualizado periódicamente; también, y ya en el ámbito europeo, el sistema Eurostat tiene información sobre los recursos hídricos de los países miembros de la Unión Europea. Ambos sistemas de información aportan valores medios de los recursos y se verifica que existe una buena correlación entre sus datos equivalentes para la gran mayoría de países; sin embargo, en el caso de los resultados del estudio de (Shiklomanov, 2003) se detectan varios países que no se correlacionan bien con la información de las otras dos bases, sin duda porque las series de caudales que se tuvieron en cuenta finalizan en 1985 mientras que las de las otras dos disponen de datos actualizados periódicamente. En todo caso, los valores globales, a nivel regional, sí que guardan coherencia; en el Anexo incluido al final se aporta la información de Aquastat relativa a los recursos hídricos superficiales, agrupada regionalmente según el estudio de (Shiklomanov, 2003). Por otra parte, en el cuadro 5 están los datos de las tres fuentes aludidas, donde los de Eurostat¹ están actualizados hasta 2009 mientras que los de Aquastat² se obtuvieron en 2013.

1 Datos accesibles en http://epp.eurostat.ec.europa.eu/portal/page/portal/statistics/search_database

2 Información accesible en http://www.fao.org/nr/water/aquastat/water_res/index.stm

Cuadro 5. Comparación de resultados de (Shiklomanov, 2003), Aquastat y Eurostat

PAÍS	TOTAL RECURSOS INTERNOS (km ³ /año)		
	AQUASTAT	SHIKLOMANOV	EUROSTAT
Albania	26,9	19,1	
Alemania	107		117
Argentina	276	270	
Armenia	6,86	6,58	
Australia	492	352	
Austria	55		55
Azerbaiyán	8,12	7,56	
Bélgica	12		12,33
Bielorrusia	37,2	34,8	
Bolivia	303,5	361	
Brasil	5.418	6.220	
Bulgaria	21		18,09
Canadá	2.850	3.287	
Chad	15	10,4	
Chequia	13,15		15,24
Chile	884	354	
China	2.812,9	2.701	
Chipre	0,78		0,32
Colombia	2.112	1.200	
Congo RD	900	989	
Costa Rica	112,4	110	
Croacia	37,7		23,01
Cuba	38,12	34,7	
Ecuador	432	265	
El Salvador	17,75	18,9	
Eslovaquia	12,6		13,07
Eslovenia	18,67		18,6
España	111,2	109	111,13
Estados Unidos	2.818	2.930	
Estonia	12,71	11,7	
Finlandia	107		107
Francia	200	168	175,29
Gabón	164	205	
Gambia	3	3,97	
Georgia	58,13	51,1	
Grecia	58		60
Holanda	11		8,48
Honduras	95,93	93	

PAÍS	TOTAL RECURSOS INTERNOS (km ³ /año)		
	AQUASTAT	SHIKLOMANOV	EUROSTAT
Hungría	6		7,53
India	1.446	1.456	
Irlanda	49		47,5
Islandia	170		170
Italia	182,5		167
Jamaica	9,4	8,2	
Kazakstán	64,35	68,4	
Kirguizistán	49,49	48,9	
Latvia	16,74	15,9	16,9
Lituania	15,56	13,5	15,51
Luxemburgo	1		0,91
Mali	60	39,6	
México	409	345	
Moldavia	1	1,2	
Mongolia	34,8		
Nicaragua	189,7	176	
Níger	3,5	2,33	
Nigeria	221	275	
Noruega	382		371,82
Nueva Zelanda	327	313	
Panamá	147,41	144	
Perú	1.616	1.100	
Polonia	53,6		54,8
Portugal	38	18,9	38,59
Reino Unido	145		157,88
Rumanía	42,3		39,42
Rusia	4.313	4.053	
Senegal	25,8	21,4	
Serbia	8,41		12,78
Sudán	30	34,6	
Suecia	171		172,51
Suiza	40,4		40,71
Tayikistán	63,46	47,2	
Turkmenistán	1,41	1,07	
Turquía	227		227,4
Ucrania	53,1	51,2	
Uruguay	59	68,1	
Uzbequistán	16,34	9,52	

La disponibilidad del recurso se suele relacionar tanto con la superficie como con la población que habita en las cuencas de los cauces y masas de agua asociadas; el primer indicador -que se conoce como caudal específico-, es sensiblemente constante, mientras que el segundo tiene una tendencia general decreciente, que depende del incremento demográfico que se experimente en cada momento; en el cuadro 5 se concretan los indicadores de disponibilidad comentados.

Cuadro 6. Disponibilidad de los recursos

REGIÓN	ESCORRENTÍA (km ³ /año)	POBLACIÓN (Millones)	SUPERFICIE (Miles km ²)	CAUDAL ESPECÍFICO (Miles m ³ /km ²)	DISPONIBILIDAD PER CÁPITA (Miles m ³ per cápita)
Europa	2.900	685	10.460	277,25	4,23
Asia	13.510	3.445	43.475	310,75	3,92
África	4.050	708	30.120	134,46	5,72
Norte y Centro América	7.890	453	24.300	324,69	17,42
Sur América	12.030	315	17.900	672,07	38,19
Australia y Oceanía	2.404	29	8.950	268,60	82,90
TOTAL	42.784	5.635	135.205	316,44	7,59

América del Sur es la región con mayor disponibilidad de recursos por unidad de territorio, debido, fundamentalmente, a los asociados a los ríos Amazonas, Orinoco y Paraná; por otro lado, excepto África, que tiene una disponibilidad anual por kilómetro cuadrado que es la quinta parte de la de América del Sur, las otras regiones consideradas tienen valores del mismo orden de magnitud, que están en torno al 50% del anterior.

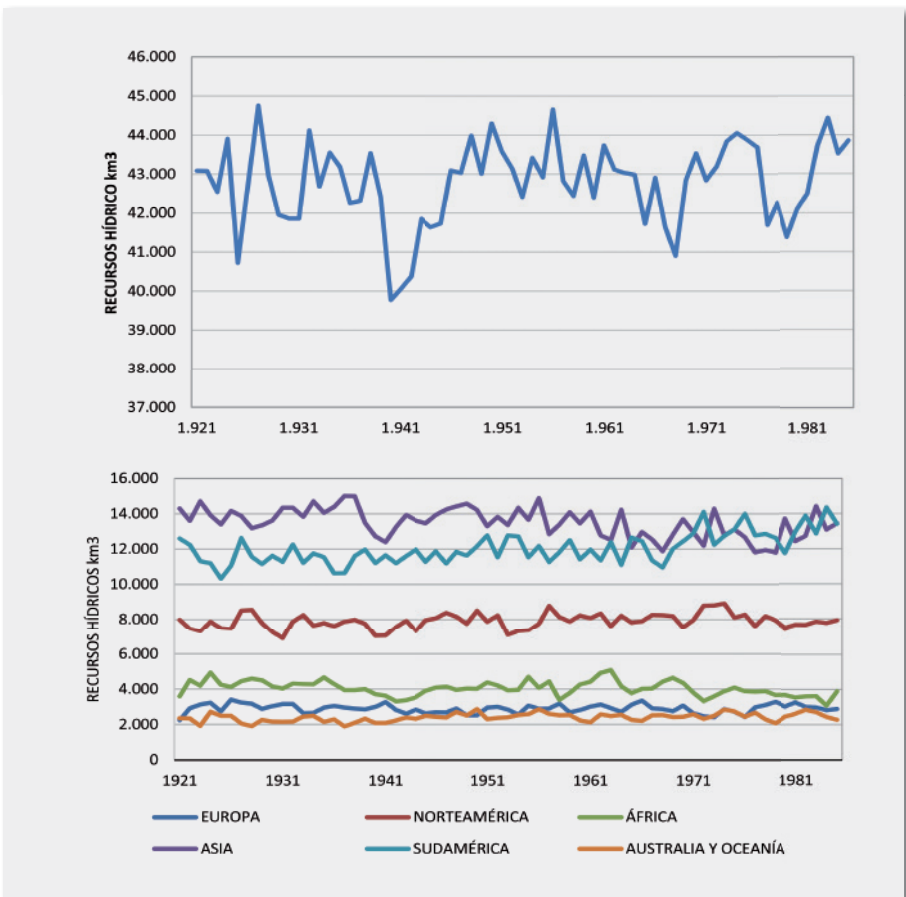
Por lo que respecta al indicador que tiene en cuenta la población, Australia y Oceanía es la región con mayores recursos per cápita, a pesar de ser la que menos recursos hídricos dispone; por el contrario, Asia, donde se localizan los mayores caudales fluyentes, debido a la gran densidad demográfica que tiene, es la de menores valores per cápita, junto con África y Europa. Por su parte, América del Sur es la segunda región con mayor disponibilidad per cápita de recursos hídricos.

Variabilidad temporal

Además de la variabilidad espacial que se ha puesto de manifiesto, los recursos hídricos tienen una marcada variabilidad temporal que se manifiesta a nivel interanual que, como se refleja en la figura 1, puede dar lugar a diferencias anuales del orden de 5.000 km³ a escala global, pero también a diferencias significativas en todas las regiones consideradas.

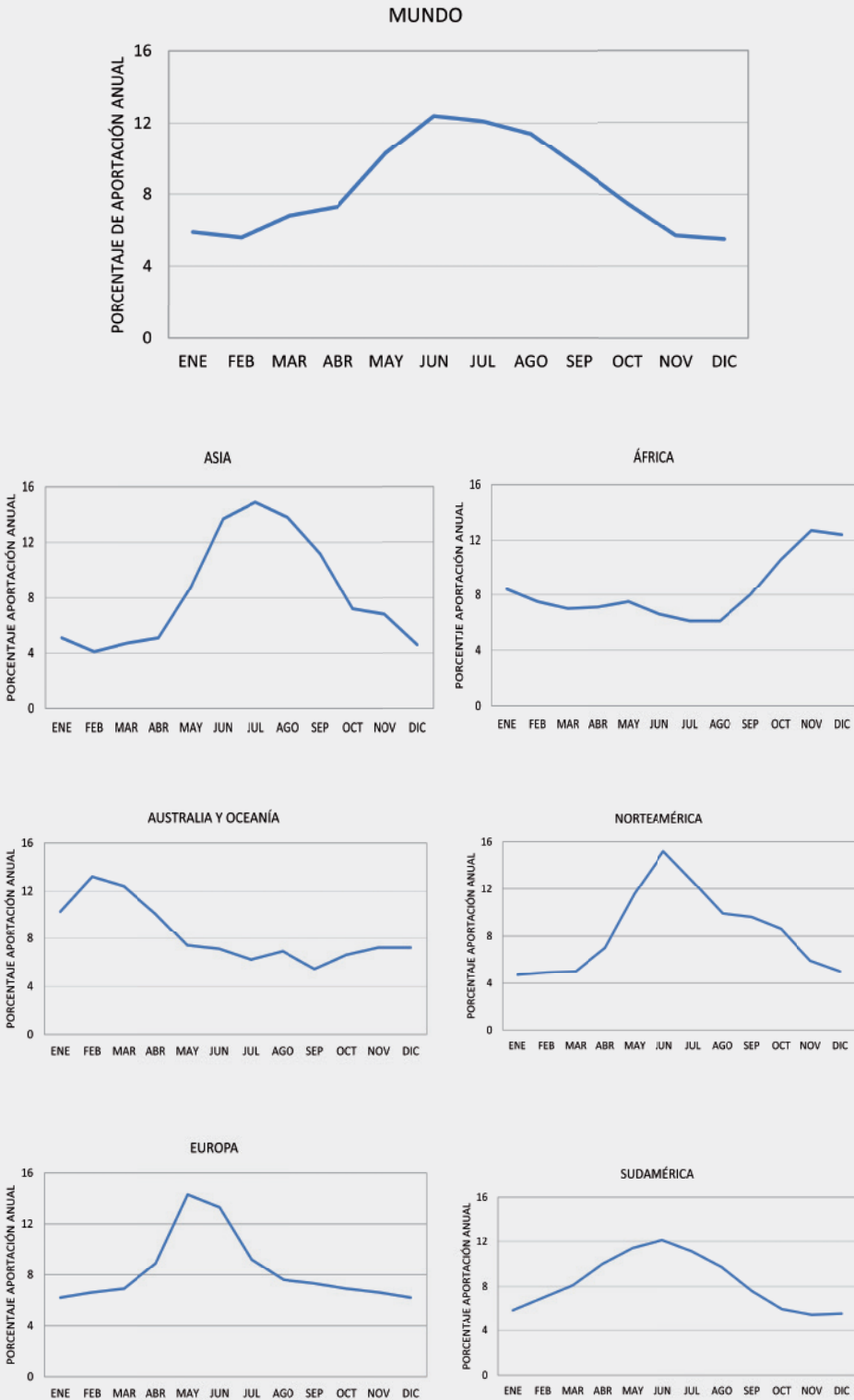


Figura 1. Variabilidad interanual



También existe una marcada variabilidad estacional que configuran las épocas húmedas y secas; como se puede apreciar en la figura 2, esta variabilidad difiere sustancialmente en las distintas regiones consideradas.

Figura 2. Variabilidad estacional



LOS RECURSOS EN ESPAÑA

Por cuanto se refiere a España, también existen notables diferencias entre las aportaciones hidráulicas en las cuencas hidrográficas del norte y del sur, así como entre las cuencas de la Península y las islas, tal como queda reflejado en el cuadro 6, elaborado utilizando la información disponible en el Libro Blanco del Agua en España (Ministerio de Medio Ambiente, 2000). En este cuadro se reflejan las evaluaciones de la aportación anual realizadas a partir de los datos de la precipitación correspondientes a series que abarcan el periodo 1940-1996, para los distintos ámbitos de planificación hidrológica que entonces se diferenciaban en España, según comprendan cuencas intracomunitarias o totalmente integradas en una Comunidad Autónoma – Canarias, Baleares, Galicia Costa, Cuencas Internas de Catalunya o Guadiana I -, o intercomunitarias ya que sus respectivos territorios abarcan dos o más Comunidades Autónomas – Norte I, II y III, Duero, Tajo, Guadiana II, Guadalquivir, Sur, Segura, Júcar y Ebro -.

Cuadro 6. Recursos hídricos en España

ÁMBITO DE PLANIFICACIÓN	SUPERFICIE (km ²)	PRECIPITACIÓN (mm)	APORTACIÓN		CAUDAL ESPECÍFICO (l/s/km ²)
			(hm ³ /año)	(mm)	
Norte I	17.600	1.284	12.689	721	22,86
Norte II	17.330	1.405	13.881	801	25,40
Norte III	5.720	1.606	5.337	933	29,59
Duero	78.960	625	13.660	173	5,49
Tajo	55.810	655	10.883	195	6,18
Guadiana I	53.180	521	4.414	83	2,63
Guadiana II	7.030	662	1.061	151	4,79
Guadalquivir	63.240	591	8.601	136	4,31
Sur	17.950	530	2.351	131	4,15
Segura	19.120	383	803	42	1,33
Júcar	42.900	504	3.432	80	2,54
Ebro	85.560	682	17.967	210	6,66
C I Cataluña	16.490	734	2.787	169	5,36
Galicia Costa	13.130	1.577	12.250	933	29,58
Península	494.020	691	110.116	223	7,07
Baleares	5.010	595	661	132	4,18
Canarias	7.440	302	409	55	1,74
España	506.470	684	111.186	220	6,96

El valor medio anual de la escorrentía total en España es de 220 mm, que representan unos 111 km³. Existen notables diferencias territoriales que varían entre los 50 mm/año (sureste de España, la Mancha, el valle del Ebro, la meseta del Duero, y las Islas Canarias) hasta los 800 mm/año (cuencas del Norte y áreas montañosas de algunas cuencas).

Esta irregularidad en cuanto a la escorrentía que se da a escala nacional se reproduce también en algunas cuencas hidrográficas, como sucede, por ejemplo, en la del Ebro, donde las aportaciones de la margen izquierda, generadas en gran parte en los Pirineos, son muy superiores a las de la margen derecha. Con carácter general, en la mayoría de las cuencas una porción muy significativa de los recursos se genera en sus cabeceras. Una excepción es la cuenca del Guadiana, donde los recursos se generan en los afluentes que vierten a sus tramos medios.

REFERENCIAS

Shiklomanov I.A. y Rodda J.C. *World Water Resources at the Beginning of the Twenty-First Century*. UNESCO. Cambridge University Press. 2003

Lvovich M.I. *The global water balance*. US IHD Bulletin. Number 23, p 28-43. January 1973

Ministerio de Medio Ambiente. *Libro Blanco del Agua*. 2000

ANEXO. AQUASTAT. RECURSOS HÍDRICOS DISPONIBLES

REGIÓN	PAÍS	SUPERFICIE (km ²)	PRECIPITACIÓN (km ³ /año)	RECURSOS SUPERFICIALES INTERNOS (km ³ /año)	RECURSOS SUBTERRÁNEO INTERNOS (km ³ /año)
ÁFRICA	Angola	1.246.700	1.259,00	145,00	58,00
	Argelia	2.381.740	212,00	9,76	1,49
	Benín	114.760	119,20	10,00	1,80
	Botswana	581.730	242,00	0,80	1,70
	Burkina Faso	274.220	205,10	8,00	9,50
	Burundi	27.830	35,46	10,06	7,47
	Cabo Verde	4.030	0,92	0,18	0,12
	Camerún	475.440	762,60	268,00	100,00
	Chad	1.284.000	413,40	13,50	11,50
	Comoros	1.861	1,68	0,20	1,00
	Congo RD	2.344.860	3.616,00	899,00	421,00
	Congo	342.000	562,90	222,00	122,00
	Costa de Marfil	322.460	434,70	74,00	37,84
	Djibuti	23.200	5,10	0,30	0,02
	Egipto	1.001.450	51,07	0,50	1,30
	Eritrea	117.600	45,16	2,70	0,50
	Etiopía	1.104.300	936,40	120,00	20,00
	Gabón	267.670	490,10	162,00	62,00
	Gambia	11.300	9,45	3,00	0,50
	Ghana	238.540	283,10	29,00	26,30
	Guinea Bissau	36.130	56,98	12,00	14,00
	Guinea Ecuatorial	28.050	60,48	25,00	10,00
	Guinea	245.860	405,90	226,00	38,00
	Kenia	580.370	365,60	20,20	3,50
	Lesoto	30.360	23,92	5,23	0,50



© Miguel Ángel Gómez

	COMBINACIÓN RECURSOS SUPEFICIALES Y SUBTERRÁNEOS INTERNOS (km³/año)	TOTAL RECURSOS INTERNOS (km³/año)	RECURSOS TOTALES (km³/año)	POBLACIÓN 2010 (Miles)	RECURSOS TOTALES POR km² (m³/km²)	RECURSOS TOTALES PER CÁPITA (m³/año)
	55,00	148,00	148,00	19.082	118.713	7.756
	0,00	11,25	11,67	35.468	4.900	329
	1,50	10,30	26,39	8.850	229.958	2.982
	0,10	2,40	12,24	2.007	21.041	6.099
	5,00	12,50	12,50	16.469	45.584	759
	7,47	10,06	12,54	8.383	450.593	1.496
	0,01	0,30	0,30	496	74.442	605
	95,00	273,00	285,50	19.599	600.496	14.567
	10,00	15,00	43,00	11.227	33.489	3.830
	0,00	1,20	1,20	735	644.815	1.633
	420,00	900,00	1.283,00	65.966	547.154	19.449
	122,00	222,00	832,00	4.043	2.432.749	205.788
	35,00	76,84	81,14	19.738	251.628	4.111
	0,02	0,30	0,30	889	12.931	337
	0,00	1,80	85,80	81.121	85.676	1.058
	0,40	2,80	6,30	5.254	53.571	1.199
	18,00	122,00	122,00	82.950	110.477	1.471
	60,00	164,00	164,00	1.505	612.695	108.970
	0,50	3,00	8,00	1.728	707.965	4.630
	25,00	30,30	53,20	24.392	223.023	2.181
	10,00	16,00	31,00	1.515	858.013	20.462
	9,00	26,00	26,00	700	926.916	37.143
	38,00	226,00	226,00	9.982	919.222	22.641
	3,00	20,70	30,70	40.513	52.897	758
	0,50	5,23	5,23	2.171	172.266	2.409

REGIÓN	PAÍS	SUPERFICIE (km ²)	PRECIPITACIÓN (km ³ /año)	RECURSOS SUPERFICIALES INTERNOS (km ³ /año)	RECURSOS SUBTERRÁNEOS INTERNOS (km ³ /año)
	Liberia	111.370	266,30	200,00	45,00
	Libia	1.759.540	98,53	0,20	0,60
	Madagascar	587.040	888,20	332,00	55,00
	Malawi	118.480	139,90	16,14	2,50
	Mali	1.240.190	349,70	50,00	20,00
	Marruecos	446.550	154,50	22,00	10,00
	Mauricio	2.040	4,16	2,36	0,89
	Mauritania	1.030.700	94,82	0,10	0,30
	Mozambique	799.380	825,00	97,30	17,00
	Namibia	824.290	234,90	4,10	2,10
	Níger	1.267.000	191,30	1,00	2,50
	Nigeria	923.770	1.062,00	214,00	87,00
	República Centroafricana	622.980	836,70	141,00	56,00
	Ruanda	26.340	31,92	9,50	7,00
	Santo Tomé y Príncipe	960	3,07		
	Senegal	196.720	134,90	23,80	3,50
	Sierra Leona	71.740	181,20	150,00	25,00
	Somalia	637.660	179,80	5,70	3,30
	Sudáfrica	1.219.090	603,40	43,00	4,80
	Sudán	2.523.690	1.050,00	28,00	7,00
	Suazilandia	17.360	13,68	2,64	0,66
	Tanzania	947.300	1.015,00	80,00	30,00
	Togo	56.790	66,33	10,80	5,70
	Túnez	163.610	33,87	3,10	1,50
	Uganda	241.550	285,00	39,00	29,00
	Zambia	752.610	767,70	80,20	47,00
Zimbabue	390.760	256,70	11,26	6,00	
AUSTRALIA Y OCEANÍA	Australia	7.741.220	4.134,00	440,00	72,00
	Nueva Zelanda	267.710	483,70		
	Papúa Nueva Guinea	462.840	1.454,00	801,00	211,60
SUDAMÉRICA	Argentina	2.780.400	1.643,00	276,00	128,00
	Bolivia	1.098.580	1.259,00	277,40	130,00
	Brasil	8.514.880	15.174,00	5.418,00	1.874,00
	Chile	756.100	1.151,00	884,00	140,00
	Colombia	1.141.750	2.982,00	2.112,00	510,00
	Ecuador	256.370	535,00	432,00	134,00
	Guyana	214.970	513,10	241,00	103,00
	Paraguay	406.750	459,60	94,00	41,00
	Perú	1.285.220	2.234,00	1.616,00	303,00
	Surinam	163.820	381,90	88,00	80,00
	Uruguay	176.220	222,90	59,00	23,00
Venezuela	912.050	1.710,00	700,10	227,00	
NORTE Y CENTRO AMÉRICA	Bahamas	13.880	17,93		
	Barbados	430	0,60	0,01	0,07
	Belice	22.970	39,16	16,00	7,51
	Canadá	9.984.670	5.382,00	2.840,00	370,00

País	COMBINACIÓN RECURSOS SUPEFICIALES Y SUBTERRÁNEOS INTERNOS (km ³ /año)	TOTAL RECURSOS INTERNOS (km ³ /año)	RECURSOS TOTALES (km ³ /año)	POBLACIÓN 2010 (Miles)	RECURSOS TOTALES POR km ² (m ³ /km ²)	RECURSOS TOTALES PER CÁPITA (m ³ /año)
	45,00	200,00	232,00	3.994	2.083.146	58.087
	0,10	0,70	0,70	6.355	398	110
	50,00	337,00	337,00	20.714	574.067	16.269
	2,50	16,14	17,28	14.901	145.847	1.160
	10,00	60,00	100,00	15.370	80.633	6.506
	3,00	29,00	29,00	31.951	64.942	908
	0,50	2,75	2,75	1.299	1.348.529	2.118
	0,00	0,40	11,40	3.460	11.060	3.295
	14,00	100,30	217,10	23.391	271.585	9.281
	0,04	6,16	45,46	2.283	55.150	19.912
	0,00	3,50	33,65	15.512	26.559	2.169
	80,00	221,00	283,20	158.423	306.570	1.788
	56,00	141,00	144,40	4.401	231.789	32.811
	7,00	9,50	9,50	10.624	360.668	894
		2,18	2,18	165	2.270.833	13.212
	1,50	25,80	38,80	12.434	197.235	3.120
	15,00	160,00	160,00	5.868	2.230.276	27.267
	3,00	6,00	14,70	9.331	23.053	1.575
	3,00	44,80	51,40	50.133	42.163	1.025
	5,00	30,00	149,00	43.552	59.041	3.421
	0,66	2,64	4,51	1.186	259.793	3.803
	26,00	84,00	96,27	44.841	101.626	2.147
	5,00	11,50	14,70	6.028	258.848	2.439
	0,40	4,20	4,60	10.481	28.085	438
	29,00	39,00	66,00	33.425	273.235	1.975
	47,00	80,20	105,20	13.089	139.780	8.037
	5,00	12,26	20,00	12.571	51.182	1.591
	20,00	492,00	492,00	22.268	63.556	22.094
		327,00	327,00	4.368	1.221.471	74.863
	211,30	801,30	801,30	6.858	1.731.268	116.842
	128,00	276,00	814,00	40.412	292.764	20.142
	103,90	303,50	622,50	9.930	566.641	62.690
	1.874,00	5.418,00	8.233,00	194.946	966.896	42.232
	140,00	884,00	922,00	17.114	1.219.415	53.875
	510,00	2.112,00	2.132,00	46.295	1.867.309	46.053
	134,00	432,00	432,00	14.465	1.685.065	29.866
	103,00	241,00	241,00	754	1.121.087	319.420
	41,00	94,00	336,00	6.455	826.060	52.056
	303,00	1.616,00	1.913,00	29.077	1.488.461	65.792
	80,00	88,00	122,00	525	744.720	232.542
	23,00	59,00	139,00	3.369	788.787	41.261
	204,70	722,40	1.233,00	28.980	1.351.900	42.547
		0,02	0,02	343	1.441	58
	0,00	0,08	0,08	273	186.047	293
	7,51	16,00	18,55	312	807.575	59.455
	360,00	2.850,00	2.902,00	34.017	290.646	85.310

REGIÓN	PAÍS	SUPERFICIE (km²)	PRECIPITACIÓN (km³/año)	RECURSOS SUPERFICIALES INTERNOS (km³/año)	RECURSOS SUBTERRÁNEOS INTERNOS (km³/año)
	Costa Rica	51.100	149,50	75,10	37,30
	Cuba	109.890	146,70	31,64	6,48
	El Salvador	21.040	36,27	17,60	6,15
	Estados Unidos	9.831.510	7.030,00	2.662,00	1.383,00
	Guatemala	108.890	213,70	100,70	33,70
	Haití	27.750	39,96	10,85	2,16
	Honduras	112.490	222,30	86,92	39,00
	Jamaica	10.990	22,54	5,51	3,89
	México	1.964.380	1.477,00	361,00	139,00
	Nicaragua	130.370	311,70	185,70	59,00
	Panamá	75.420	203,00	144,10	21,00
	República Dominicana	48.670	68,62	21,00	11,70
	San Kitts y Nevis	260	0,37	0,00	0,02
Trinidad y Tobago	5.130	11,29			
ASIA	Afganistán	652.230	213,30	37,50	10,65
	Arabia Saudita	2.149.690	126,80	2,20	2,20
	Armenia	29.740	16,71	3,95	4,31
	Azerbaiyán	86.600	38,71	5,96	6,51
	Bahréin	760	0,00	0,00	0,00
	Bangladesh	144.000	383,90	83,91	21,09
	Brunei	5.770	15,71	8,50	0,10
	Bután	38.390	84,46	78,00	7,80
	Camboya	181.040	344,70	116,00	17,60
	China	9.600.000	6.192,00	2.712,00	828,80
	Chipre	9.250	4,61	0,56	0,41
	Corea RD	120.540	127,00	66,00	13,00
	Corea	99.900	127,30	62,25	13,30
	Emiratos Árabes Unidos	83.600	6,52	0,15	0,12
	Fiji	18.270	47,36	28,55	5,27
	Filipinas	300.000	704,40	444,00	180,00
	Georgia	69.700	71,51	56,90	17,23
	India	3.287.260	3.560,00	1.404,00	432,00
	Indonesia	1.904.570	5.146,00	1.973,00	457,40
	Irán	1.747.150	397,90	97,30	49,30
	Iraq	435.240	94,01	34,00	3,20
	Islas Salomon	28.900	87,51	44,70	11,92
	Israel	22.070	9,60	0,25	0,50
	Japón	377.960	630,40	420,00	27,00
	Jordania	89.320	9,92	0,49	0,45
	Kazakstán	2.724.900	681,20	56,50	33,85
	Kuwait	17.820	2,16	0,00	0,00
	Kirguizistán	199.950	106,60	46,46	13,69
	Laos	236.800	424,30	190,40	37,90
	Líbano	10.450	6,91	4,10	3,20
	Malasia	380.800	951,00	566,00	64,00
	Maldivas	300	0,00	0,00	0,03
	Mongolia	1.564.120	377,00	32,70	6,10
Myanmar	676.590	1.415,00	992,10	453,70	
Nepal	147.180	220,80	198,20	20,00	
Oman	309.500	38,69	1,05	1,30	
Paquistán	796.100	393,30	47,40	55,00	

S	COMBINACIÓN RECURSOS SUPEFICIALES Y SUBTERRÁNEOS INTERNOS (km³/año)	TOTAL RECURSOS INTERNOS (km³/año)	RECURSOS TOTALES (km³/año)	POBLACIÓN 2010 (Miles)	RECURSOS TOTALES POR km² (m³/km²)	RECURSOS TOTALES PER CÁPITA (m³/año)
	0,00	112,40	112,40	4.659	2.199.609	24.125
	0,00	38,12	38,12	11.258	346.892	3.386
	6,00	17,75	25,23	6.193	1.199.144	4.074
	1.227,00	2.818,00	3.069,00	310.384	312.160	9.888
	25,20	109,20	111,30	14.389	1.022.132	7.735
	0,00	13,01	14,03	9.993	505.586	1.404
	29,99	95,93	95,93	7.601	852.787	12.621
	0,00	9,40	9,40	2.741	855.687	3.431
	91,00	409,00	457,20	113.423	232.745	4.031
	55,00	189,70	196,60	5.788	1.508.016	33.967
	17,69	147,41	148,00	3.517	1.962.344	42.081
	11,70	21,00	21,00	9.927	431.477	2.115
	0,00	0,02	0,02	52	92.308	462
		3,84	3,84	1.341	748.538	2.864
	1,00	47,15	73,85	31.412	113.227	2.351
	2,00	2,40	2,40	27.448	1.116	87
	1,40	6,86	7,77	3.092	261.231	2.513
	4,35	8,12	34,68	9.188	400.462	3.774
	0,00	0,00	0,12	1.262	152.632	92
	0,00	105,00	1.227,00	148.692	8.520.833	8.252
	0,10	8,50	8,50	1.262	1.473.137	6.735
	7,80	78,00	78,00	726	2.031.779	107.438
	13,00	120,60	476,10	14.138	2.629.806	33.675
	727,90	2.812,90	2.840,00	1.341.335	295.833	2.117
	0,19	0,78	0,78	1.104	84.324	707
	12,00	67,00	77,15	24.346	640.037	3.169
	10,70	64,85	69,70	48.184	697.698	1.447
	0,12	0,15	0,15	7.512	1.794	20
	5,27	28,55	28,55	861	1.562.671	33.159
	145,00	479,00	479,00	93.261	1.596.667	5.136
	16,00	58,13	66,48	4.352	953.802	15.276
	390,00	1.446,00	2.081,00	1.224.614	633.050	1.699
	411,70	2.018,70	2.019,00	239.871	1.060.082	8.417
	18,10	128,50	138,60	73.974	79.329	1.874
	2,00	35,20	96,61	31.672	221.969	3.050
	11,92	44,70	44,70	538	1.546.713	83.086
	0,00	0,75	1,78	7.418	80.652	240
	17,00	430,00	430,00	126.536	1.137.687	3.398
	0,25	0,68	1,62	6.187	18.159	262
	26,00	64,35	135,40	16.026	49.690	8.449
	0,00	0,00	0,02	2.737	1.122	7
	11,22	49,49		5.334	0	0
	37,90	190,40	333,50	6.201	1.408.361	53.782
	2,50	4,80	4,84	4.228	462.967	1.144
	50,00	580,00	580,00	28.401	1.523.109	20.422
	0,00	0,03	0,03	316	100.000	95
	4,00	34,80	34,80	2.756	22.249	12.627
	443,00	1.002,80	1.168,00	47.963	1.726.304	24.352
	20,00	198,20	210,20	29.959	1.428.183	7.016
	0,95	1,40	1,40	2.782	4.523	503
	47,40	55,00	320,10	173.593	402.085	1.844

REGIÓN	PAÍS	SUPERFICIE (km²)	PRECIPITACIÓN (km³/año)	RECURSOS SUPERFICIALES INTERNOS (km³/año)	RECURSOS SUBTERRÁNEOS INTERNOS (km³/año)
	Qatar	11.610	0,00	0,00	0,06
	Rusia	17.048.290	7.865,00	4.037,00	788,00
	Singapur	710	1,77		
	Siria	185.180	46,67	4,29	4,84
	Sri Lanka	65.610	112,30	52,00	7,80
	Tailandia	513.120	832,30	213,30	41,90
	Tayikistán	142.550	98,50	60,46	6,00
	TO Palestinos	6.020	2,42	0,07	0,74
	Timor Leste	14.870	22,30	8,13	0,89
	Turkmenistán	488.100	78,58	1,00	0,41
	Turquía	783.560	464,70	186,00	69,00
	Uzbequistán	447.400	92,16	9,54	8,80
	Vietnam	330.960	602,70	323,00	71,42
	Yemen	527.970	88,17	2,00	1,50
EUROPA	Albania	28.750	42,69	23,05	6,20
	Alemania	357.130	250,00	106,30	45,70
	Austria	83.880	93,11	55,00	6,00
	Bélgica	30.530	25,86	12,00	0,90
	Bielorrusia	207.600	128,30	37,20	18,00
	Bosnia	51.210	52,64	34,34	11,57
	Bulgaria	111.000	67,49	20,10	6,40
	Chequia	78.870	53,39	13,15	1,43
	Croacia	56.590	62,96	27,20	11,00
	Dinamarca	43.090	30,29	3,70	4,30
	Eslovaquia	49.040	40,41	12,60	1,73
	Eslovenia	20.270	23,55	18,52	13,50
	España	505.600	321,60	109,50	29,90
	Estonia	45.230	28,31	11,71	4,00
	Finlandia	338.420	181,40	106,80	2,20
	Francia	549.190	476,10	198,00	120,00
	Grecia	131.960	86,04	55,50	10,30
	Holanda	41.540	32,32	11,00	4,50
	Hungría	93.030	54,79	6,00	6,00
	Islandia	103.000	199,80	166,00	24,00
	Irlanda	70.280	78,57	48,20	10,80
	Italia	301.340	250,70	170,50	43,00
	Latvia	644.800	41,33	16,54	2,20
	Lituania	65.300	42,84	15,36	1,20
	Luxemburgo	2.590	2,42	1,00	0,08
	Macedonia	25.710	15,91	5,40	
	Moldavia	33.850	15,23	1,00	0,40
	Noruega	323.790	457,80	376,00	96,00
	Polonia	312.680	187,60	53,10	12,50
	Portugal	92.090	78,64	38,00	4,00
	Reino Unido	243.610	297,20	144,20	9,80
	Rumanía	283.390	151,90	42,00	8,30
Serbia	88.360	49,98			
Suecia	450.300	281,00	170,00	20,00	
Suiza	41.280	63,45	40,40	2,50	
Ucrania	603.550	1.132,00	50,10	20,00	

País	COMBINACIÓN RECURSOS SUPEFICIALES Y SUBTERRÁNEOS INTERNOS (km³/año)	TOTAL RECURSOS INTERNOS (km³/año)	RECURSOS TOTALES (km³/año)	POBLACIÓN 2010 (Miles)	RECURSOS TOTALES POR km² (m³/km²)	RECURSOS TOTALES PER CÁPITA (m³/año)
	0,00	0,06	0,06	1.759	4.823	32
	512,00	4.313,00	4.508,00	142.958	264.425	31.534
		0,60	0,60	5.986	845.070	100
	2,00	7,13	55,78	20.411	301.220	2.733
	7,00	52,80	52,80	29.860	804.755	1.768
	30,69	224,51	438,60	69.122	854.771	6.345
	3,00	63,46	97,65	6.879	685.023	14.195
	0,00	0,81	0,84	4.939	139.037	169
	0,80	8,22	8,13	1.124	546.402	7.229
	0,00	1,41	81,61	5.942	167.199	13.734
	28,00	227,00	231,70	72.752	295.702	3.185
	2,00	16,34	118,50	27.445	264.864	4.318
	35,00	359,42	884,10	87.848	2.671.320	10.064
	1,40	2,10	2,10	24.053	3.977	87
	2,35	26,90	41,70	3.204	1.450.435	13.015
	45,00	107,00	154,00	82.302	431.216	1.871
	6,00	55,00	77,70	8.304	926.323	9.357
	0,90	12,00	18,30	10.712	599.410	1.708
	18,00	37,20	58,00	9.595	279.383	6.045
	10,41	35,50	37,50	3.760	732.279	9.973
	5,50	21,00	21,30	7.494	191.892	2.842
	1,43	13,15	13,15	10.493	166.730	1.253
	0,50	37,70	105,50	4.403	1.864.287	23.961
	2,00	6,00	6,00	5.550	139.243	1.081
	1,73	12,60	50,10	5.462	1.021.615	9.172
	13,35	18,67	31,87	2.030	1.572.274	15.700
	28,20	111,20	111,50	46.077	220.530	2.420
	3,00	12,71	12,81	1.341	283.219	9.553
	2,00	107,00	110,00	5.365	325.040	20.503
	118,00	200,00	211,00	52.787	384.202	3.997
	7,80	58,00	74,25	11.359	562.671	6.537
	4,50	11,00	91,00	16.613	2.190.660	5.478
	6,00	6,00	104,00	9.984	1.117.919	10.417
	20,00	170,00	170,00	320	1.650.485	531.250
	10,00	49,00	52,00	4.470	739.898	11.633
	31,00	182,50	191,30	60.551	634.831	3.159
	2,00	16,74	35,45	2.252	54.978	15.742
	1,00	15,56	24,90	3.324	381.317	7.491
	0,08	1,00	3,10	507	1.196.911	6.114
		5,40	6,40	2.061	248.930	3.105
	0,40	1,00	11,65	3.573	344.165	3.261
	90,00	382,00	382,00	4.883	1.179.777	78.231
	12,00	53,60	61,60	38.277	197.007	1.609
	4,00	38,00	77,40	10.676	840.482	7.250
	9,00	145,00	147,00	62.036	603.424	2.370
	8,00	42,30	211,90	21.486	747.733	9.862
		8,41		9.856	0	0
	19,00	171,00	174,00	9.380	386.409	18.550
	2,50	40,40	53,50	7.664	1.296.027	6.981
	17,00	53,10	139,60	45.448	231.298	3.072



3 LOS RECURSOS HÍDRICOS Y EL CAMBIO CLIMÁTICO EN ESPAÑA

El texto siguiente se basa en el estudio de investigación "Adaptación al cambio climático. Identificación de medida de adaptación a partir de los impactos sobre los recursos hídricos en la Comunidad de Madrid", realizado por la Fundación Canal en colaboración con la Universidad Politécnica de Madrid.

ANTECEDENTES

El impacto del cambio climático en los recursos hídricos a escala nacional en España se ha estudiado en varias ocasiones. En la Evaluación Preliminar General de los Impactos en España por Efecto del Cambio Climático (Ministerio de Medio Ambiente, 2005) se evaluaron los impactos sobre los recursos hídricos llegándose a la conclusión de que el cambio climático en España causaría una disminución de aportaciones hídricas y un aumento de la demanda en los sistemas de regadío. Algunas de las simulaciones llevadas a cabo para el estudio auguraban una reducción en las aportaciones hídricas de entre un 5% y 14% para 2030 -suponiendo un aumento de temperatura de 1°C y una disminución media de precipitación de un 5%-, y hasta un 22% para el horizonte de 2060 -con aumento de la temperatura de 2,5°C y una disminución de la precipitación de un 8%- . Esto, además, iría acompañado de un aumento de la variabilidad interanual de los mismos.

La revisión más reciente sobre el impacto del cambio climático en los recursos hídricos está recogida en la tesis de Leonardo Hernández Barrios (2007); la metodología seguida por Hernández Barrios consistió, en general, en interpretar los escenarios de cambio climático formulados en términos de variación de temperatura o precipitación mediante un modelo hidrológico que permita obtener las aportaciones superficiales. El primer estudio revisado fue el realizado por Ayala-Carcedo et al. (1996), en el que aplicaron un modelo conceptual de simulación del ciclo hidrológico a escala anual desagregado a nivel de grandes cuencas hidrográficas. Se utilizó el escenario propuesto por el entonces Instituto Nacional de Meteorología en 1995 para el horizonte 2060, basado en los resultados del modelo Hadley Center (HadCM2) de 1990. Según este escenario, en el horizonte 2060 la temperatura media anual en España subiría 2,5°C y la precipitación descendería un 8%. A partir de estos datos se estimó una reducción global de los recursos del 20%, con un reparto irregular con descenso más acusado en la mitad Sur, llegando a un máximo del 34% de descenso en la cuenca del Guadalquivir.

Con ocasión de la publicación del Libro Blanco del Agua (Ministerio de Medio Ambiente, 2000), se realizó una evaluación a escala nacional de los impactos del cambio climático en los recursos hídricos, aplicándose un modelo distribuido en cuadrícula de 1 km² basado en una ley (Budyko) que relaciona a escala anual la aportación con la precipitación y la evapotranspiración potencial deducida de la temperatura. Se analizaron tres escenarios contemplados en el Programa Nacional sobre el Clima (MOPTMA, 1995) para el horizonte 2030. El escenario moderado suponía un aumento de temperatura de 1°C, sin cambios en la precipitación, el escenario acusado contemplaba el mismo aumento de temperatura, pero con una reducción de precipitación del 5%, y, por último, el extremo un aumento de 4°C y un descenso de la precipitación de un 15%. Según los resultados obtenidos, la reducción media de aportaciones en el escenario moderado es del 5% y en el escenario acusado del 14%. En el escenario extremo se obtienen reducciones mucho mayores, que pueden llegar hasta el 50%.

El siguiente paso desde el punto de vista metodológico fue el empleo de modelos desagregados a escala mensual, para estudiar escenarios sintéticos, como los presentados anteriormente, o escenarios generados por modelos de clima global. Por ejemplo, Fernández Carrasco (2002) realizó distintas simulaciones empleando tanto la ley anual de Budyko como el modelo hidrológico a escala mensual SIMPA a partir de escenarios generados por los modelos climáticos HadCM2 (global) y PROMES (regional), encontrando diferencias sustanciales en los resultados entre los cálculos realizados con las leyes anuales y los

cálculos desagregados mensualmente. La acusada variabilidad estacional del régimen hidrológico de nuestros ríos explica estas diferencias, ya que un pequeño incremento de la precipitación en invierno puede compensar sobradamente fuertes aumentos de temperatura o disminuciones de la precipitación en verano, puesto que la aportación de estiaje es, en la mayoría de los casos, despreciable frente a la de la época de aguas altas.

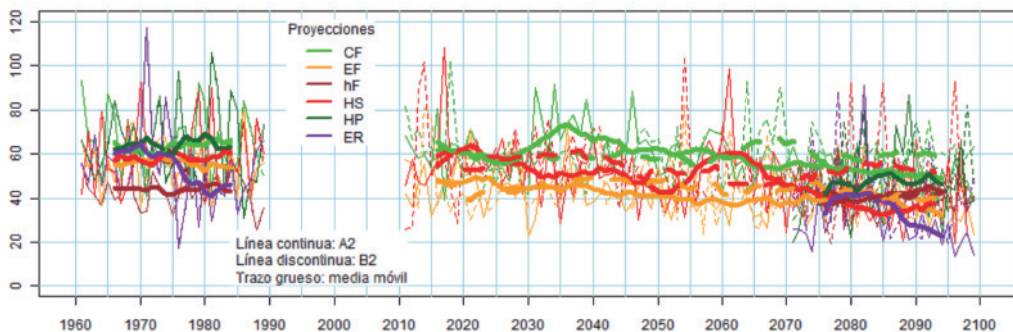
ESTUDIOS RECIENTES

En el contexto de desarrollo del Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático (PNACC), la Oficina Española de Cambio Climático encargó al Centro de Estudios Hidrográficos del CEDEX la evaluación del impacto del cambio climático sobre los recursos hídricos (CEDEX, 2011).

En el estudio, se parte de los escenarios climáticos regionalizados, elaborados por la Agencia Estatal de Meteorología, que combinan los resultados de modelos de simulación del comportamiento de la atmósfera y el océano (modelos de circulación global), realizados por diversos organismos internacionales, para distintos supuestos de emisión de gases de efecto invernadero, a los que se aplica posteriormente un proceso de adaptación regional para mejorar su precisión a escala local -técnicas de regionalización-. Se utilizaron proyecciones climáticas compuestas por datos diarios de precipitación y temperatura en cuatro periodos temporales: 1961-1990 (periodo de control), 2011-2040, 2041-2070 y 2071-2100 en los escenarios de emisiones A2 y B2. Para el estudio de la respuesta hidrológica se empleó el modelo SIMPA, que trabaja a escala mensual y proporciona resultados de evapotranspiración, recarga de acuíferos y escorrentía total, suma de la superficial y de la subterránea. La escorrentía de cada celda del territorio se acumula en la red de drenaje para obtener el valor de la aportación. El análisis realizado consistió en obtener desviaciones porcentuales entre los resultados de cada periodo del siglo XXI y el periodo de control, asumiendo que el clima se hubiera comportado según los datos de las proyecciones durante dicho periodo de control. A continuación se resumen algunas de las conclusiones más relevantes del informe del CEDEX.

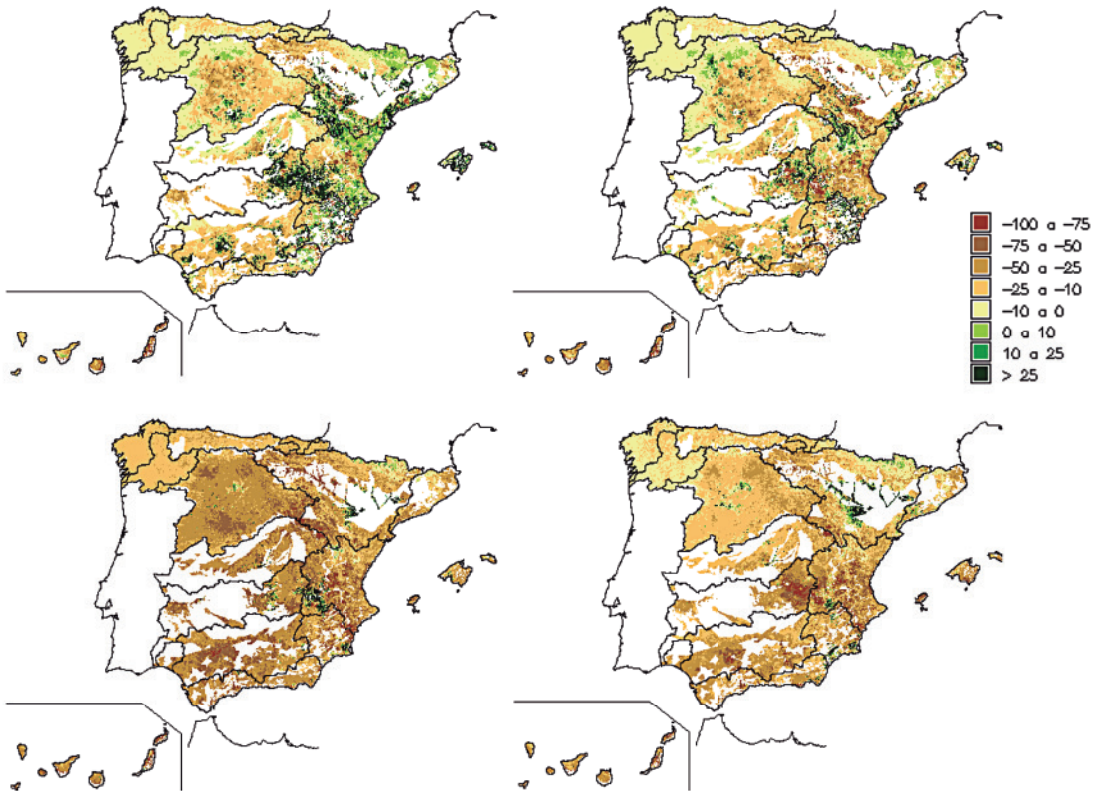
Las proyecciones pronostican una reducción generalizada de la precipitación conforme avanza el siglo XXI, por lo que se reducirían las disponibilidades de agua. En el conjunto de proyecciones del escenario de emisiones A2 se obtienen variaciones de precipitación media en España de -5%, -9% y -17% durante los periodos 2011-2040, 2041-2070 y 2071-2100 respectivamente. En el escenario B2 se obtienen unas variaciones de -5%, -8% y -9% en los mismos periodos. Como consecuencia de ello, se prevé una disminución correlativa de la escorrentía de forma que las asociadas al escenario A2 dan lugar a unas variaciones de escorrentía en España del -8% para el periodo 2011-2040, -16% para el 2041-2070 y -28% para el 2071-2100. Las variaciones en el escenario B2 son del -8%, -11% y del -14%, respectivamente. Estos extremos se pueden comprobar en la figura 3.

Figura 3. Evolución de la escorrentía anual en España para el conjunto de proyecciones. Periodo de control (verde); escenario de emisiones A2 (rojo); B2 (azul). Prome-dios del conjunto de proyecciones en trazo grueso. Fuente: CEDEX 2011.



La disminución de la escorrentía varía también regionalmente según muestran los mapas de la figura 4. En ella se compara la distribución espacial de la reducción de la escorrentía media anual en los dos escenarios de emisiones considerados, A2 y B2, y en dos de los periodos analizados, 2011-2040 y 2071-2100. El patrón de distribución espacial permite identificar una mayor incidencia en las cuencas Cantábricas, del País Vasco, cabeceras del Ebro y Duero, suroeste peninsular y Canarias. Desde el punto de vista de la evolución temporal, la disminución se extenderá progresivamente por toda España en la primera mitad del siglo XXI, excepto en determinadas zonas de la costa mediterránea y del noreste peninsular, y será generalizada durante el último periodo del siglo, donde las proyecciones del escenario B2 son más suaves que las del escenario A2.

Figura 4. Variación del promedio de la escorrentía (%) para los periodos 2011-204 (arriba) y 2071-2100 (abajo) respecto al periodo de control para las proyecciones A2 (izquierda) y B2 (derecha). Fuente: CEDEX 2011.



Si se analizan las proyecciones individuales (se emplearon un total de 6 métodos de cálculo para cada escenario de emisiones) se aprecia que los resultados difieren de manera considerable, especialmente durante el último periodo del siglo XXI en el que se estiman variaciones de escorrentía entre un -40% y 0%. Como resumen se reproduce en el cuadro 7 la tabla final del informe de CEDEX (2011) en la que se muestra la reducción de escorrentía obtenida en España y en las distintas Demarcaciones Hidrográficas en los diferentes casos analizados: dos escenarios de emisiones, seis métodos de regionalización y tres horizontes temporales.

Cuadro 7. Resumen de los resultados obtenidos de variación de escorrentía en cada una de las demarcaciones hidrográficas para los dos escenarios de emisiones, los seis métodos de cálculo y los tres horizontes temporales. Fuente: CEDEX 2011.

Δ (%)	Escenario A2							Escenario B2						
	Modelo regionalizado I	Modelo regionalizado II	Modelo regionalizado III	Modelo regionalizado IV	Modelo regionalizado V	Modelo regionalizado VI	Δ del promedio	Modelo regionalizado I	Modelo regionalizado II	Modelo regionalizado III	Modelo regionalizado IV	Modelo regionalizado V	Modelo regionalizado VI	Δ del promedio
España	2011-2040	-3	-22		-2		-8	-6	-18		1			-8
	2041-2070	-9	-34		-8		-16	-5	-21		-8			-11
	2071-2100	-24	-37	0	-34	-28	-40	-28	-7	-28	-8	-1	-18	-22
Cantábrico	2011-2040	-6	-20		-11		-13	-5	-15		-8			-10
	2041-2070	-4	-27		-17		-16	-6	-22		-19			-15
	2071-2100	-13	-40	-1	-38	-31	-44	-29	-1	-28	-12	-13	-20	-28
Galicia Costa	2011-2040	-1	-20		-1		-6	2	-13		-2			-3
	2041-2070	-4	-31		-4		-12	-5	-21		-1			-8
	2071-2100	-18	-36	11	-22	-16	-29	-19	-2	-23	4	6	-8	-9
Cuencas Internas del País Vasco	2011-2040	-6	-18		-11		-12	-5	-14		-10			-10
	2041-2070	-2	-24		-20		-16	-5	-21		-23			-16
	2071-2100	-9	-40	-8	-39	-41	-52	-30	2	-28	-20	-17	-31	-36
Miño-Sil	2011-2040	-1	-21		1		-6	0	-15		2			-3
	2041-2070	-6	-34		0		-12	-4	-22		1			-7
	2071-2100	-19	-38	11	-20	-17	-34	-21	-2	-25	3	11	-8	15
Duero	2011-2040	-3	-25		1		-8	-7	-21		5			-7
	2041-2070	-13	-41		-1		-17	-7	-23		0			-9
	2071-2100	-31	-40	4	-33	-23	-47	-31	-10	-29	-2	8	-16	-24
Tajo	2011-2040	-3	-31		4		-8	-11	-28		11			-8
	2041-2070	-16	-48		-1		-19	-8	-23		1			-9
	2071-2100	-39	-41	-5	-38	-32	-40	-35	-16	-32	-10	7	-22	-17
Guadiana	2011-2040	-7	-40		2		-12	-16	-34		16			-9
	2041-2070	-23	-58		-11		-27	-9	-24		-4			-11
	2071-2100	-49	-48	-12	-48	-40	-25	-42	-24	-40	-15	4	-32	-16
Guadalquivir	2011-2040	-2	-36		0		-11	-21	-34		13			-13
	2041-2070	-18	-55		-16		-28	-2	-25		-12			-12
	2071-2100	-48	-19	-20	-45	-44	-29	-43	-23	-43	-24	0	-33	-28
Cuencas internas de Andalucía	2011-2040	-1	-33		-1		-12	-16	-35		6			-16
	2041-2070	-15	-50		-24		-30	-2	-26		-17			-15
	2071-2100	-43	-44	-27	-50	-42	-25	-41	-23	-40	-25	-14	-29	-30
Segura	2011-2040	-1	-25		-1		-10	-22	-24		10			-13
	2041-2070	-10	-39		-11		-21	-2	-28		-11			-14
	2071-2100	-23	-39	-22	-35	-48	-21	-33	-14	-33	-22	-5	-23	-28
Júcar	2011-2040	1	-11		-4		-5	-21	-17		-1			-12
	2041-2070	-11	-28		-14		-18	-5	-20		-14			-13
	2071-2100	-21	-24	-18	-46	-45	-21	-32	-16	-27	-20	-18	-34	-14
Ebro	2011-2040	-2	-19		-7		-9	-7	-15		-5			-9
	2041-2070	-6	-26		-12		-14	-5	-19		-17			-13
	2071-2100	-17	-31	3	-40	-30	-46	-28	-4	-25	-9	-11	-17	-29
Cuencas internas de Cataluña	2011-2040	6	-4		-3		0	-9	-5		-8			-7
	2041-2070	-2	-5		-6		-4	-2	-6		-19			-9
	2071-2100	-11	-3	-13	-34	-30	-29	-21	-13	-5	-18	-14	-20	-18
Islas Baleares	2011-2040	-5	-21		11		-4	-19	-31		0			-15
	2041-2070	-9	-39		1		-15	-8	-31		-18			-20
	2071-2100	-20	-44	-24	-42	-22	-21	-31	-25	-39	-32	-6	-25	-13
Islas Canarias	2011-2040	-7	-37		-4		-18	-15	-34		-24			-25
	2041-2070	-16	-41		-37		-32	-11	-36		-35			-28
	2071-2100	-31	-44	-30	-57		-41	-22	-37	-29	-47			-34



Mónica Corrales

REFERENCIAS

Ayala-Carcedo F.J. e Iglesias López A. *Impactos del cambio climático sobre los recursos hídricos, el diseño y la planificación hidrológica en la España peninsular*. Instituto Tecnológico y Geominero de España. Tecnoambiente, N°64: 43-48. 1996.

Barranco, Luis. *Evaluación del impacto hidrológico del cambio climático en España. Valoración de las proyecciones climáticas. Tesis Doctoral*, Universidad Complutense de Madrid. 2011.

CEDEX. *Estudio sobre el impacto potencial del cambio climático en los recursos hídricos y demandas de agua de riego en determinadas regiones de España*. 1998

CEDEX. *Evaluación del impacto del cambio climático en los recursos hídricos en régimen natural*. 2011.

Fernández Carrasco, P. *Estudio del impacto del cambio climático sobre los recursos hídricos. Aplicación en diecinueve cuencas en España*. Tesis Doctoral. ETS Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos. Universidad Politécnica de Madrid. 2002.

Garrote, L e Iglesias, A. *Adaptación al cambio climático. Identificación de medida de adaptación a partir de los impactos sobre los recursos hídricos en la Comunidad de Madrid*. Fundación Canal. 2012.

Hernández Barrios, L. *Efectos del cambio climático en los sistemas complejos de recursos hídricos. Aplicación a la cuenca del Júcar*. Tesis Doctoral. ETS Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos. Universidad Politécnica de Valencia. 2007.

Ministerio de Medio Ambiente. *Libro Blanco del Agua*. 2000.

Ministerio de Medio Ambiente. *Evaluación Preliminar de los Impactos en España por efecto del Cambio Climático*. 2005.

Ministerio de Obras Públicas, Transportes y Medio Ambiente (MOPTMA). *Programa Nacional sobre el Clima*. 1995.



4 EL PLAN NACIONAL DE ADAPTACIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO DE ESPAÑA

El siguiente texto se apoya en la intervención realizada en el Foro por Susana Magro, Directora General de la Oficina Española de Cambio Climático.

ANTECEDENTES

En 2005 la Oficina Española de Cambio Climático (OECC) promovió una evaluación preliminar de los impactos del cambio climático en España en la que participaron más de 400 expertos y que tuvo como principal resultado la revisión sistemática y exhaustiva del estado del conocimiento sobre el tema disponible en ese entonces, a la vez que sentó unas bases sólidas para el desarrollo de iniciativas de adaptación al cambio climático. Se identificaron los principales efectos del cambio climático, las zonas más vulnerables, las opciones conocidas de adaptación, las interacciones entre diversos sectores y las incertidumbres, necesidades de investigación e implicaciones para el desarrollo de políticas; específicamente, se consideraron los ecosistemas terrestres, acuáticos continentales y marinos, la biodiversidad vegetal y animal, los sectores pesquero, forestal, energético, turístico, agrario y del seguro, los riesgos naturales de origen climático, las zonas costeras, la salud humana y los recursos edáficos e hídricos.

En la Evaluación se incluyeron recomendaciones específicas para solventar los déficit de conocimiento y avanzar en la caracterización de los sectores y sistemas aludidos, especialmente a través de evaluaciones integradas que deberían incluir la aplicación de modelos a las proyecciones climáticas más detalladas, espacial y temporalmente. Se concluyó que el aprovechamiento y la gestión de muchos de los sistemas, sectores, recursos y servicios que garantizan el desarrollo y el bienestar general podrían verse afectados por el cambio climático en atención a su especial dependencia del clima, como es el caso del turismo, la agricultura y la salud, o porque el cambio climático puede agudizar las presiones a las que actualmente están sometidos, como son la disponibilidad y calidad del agua, la estabilidad de las costas, la conservación de los suelos ante la desertificación, el riesgo de incendios, y la conservación y uso sostenible de la biodiversidad. También se detectaron sectores muy vinculados a la actividad económica, como el energético, los seguros y finanzas, y las infraestructuras, que también se verán modificados por el cambio climático de forma que en el análisis para su planificación futura será necesario integrar tanto las políticas de mitigación como los efectos del cambio climático.

Por cuanto se refiere específicamente a los recursos hídricos, en el marco de la Evaluación preliminar se realizó un análisis de sensibilidad mediante escenarios incrementales concluyéndose que son especialmente sensibles en zonas con una elevada temperatura media y baja precipitación, de forma que las áreas españolas más críticas son las regiones áridas y semiáridas, que representan aproximadamente el 30% de la superficie nacional. En términos cuantitativos, se detectó una disminución de los recursos y un aumento de su variabilidad anual, especialmente en las demarcaciones hidrográficas del Guadiana, Júcar, Segura, Guadalquivir, Canarias, Baleares y de las cuencas Mediterráneas Andaluzas.

Comoquiera que el agua es transversal a la mayoría de los sectores y sistemas analizados se constató que los cambios en los recursos hídricos se transmitirán a muchos otros sectores, entre los que resaltan la agricultura, bosques, ecosistemas acuáticos, biodiversidad, riesgos de origen climático y salud humana.

La Evaluación Preliminar fue un referente fundamental para la redacción del Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático en España.



Susana Magro

EL PLAN NACIONAL DE ADAPTACIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO

Entre los compromisos adquiridos por España a nivel internacional en el marco de la Convención Marco de Naciones Unidas sobre Cambio Climático (CMNUCC) está el relativo a que las Partes deben *formular, aplicar, publicar y actualizar regularmente programas nacionales y, según proceda, regionales que contengan (...) medidas para facilitar la adaptación adecuada al cambio climático*. Consecuentemente, en 2006 la OECC redactó el Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático (PNACC) con el fin de que sirviera como marco de actuación para la coordinación de acciones de evaluación de los impactos, la vulnerabilidad y la adaptación al cambio climático en España; con esta decisión se pretendía que el Plan hiciera posible la integración de la adaptación al cambio climático en la planificación de los sectores y sistemas donde fuera relevante, la identificación y priorización de acciones y el intercambio de experiencias y conocimientos sobre el tema.

De acuerdo con el Plan, la gestión, coordinación y seguimiento de su implementación, así como las principales vías de participación institucional se realizan a través de la Comisión Interministerial para el Cambio Climático -órgano de coordinación en el seno de la administración central-, el Consejo Nacional del Clima y la Comisión de Coordinación de Políticas de Cambio Climático -órgano de coordinación de la Administración General del Estado, las Comunidades Autónomas y el ámbito local-, que es también el organismo responsable de aprobar el propio Plan. Por su parte, la OECC coordina la participación de las diferentes administraciones y sectores sociales implicados y propone programas de trabajo a la Comisión de Coordinación de Políticas de Cambio Climático para el desarrollo de las políticas de adaptación en España.

El elemento troncal del PNACC consiste en la generación de escenarios regionalizados de cambio climático en España y de su aplicación para evaluar sus impactos en una serie de sectores y sistemas, entre los que se han priorizado los recursos hídricos, las zonas costeras y de montaña, la biodiversidad, los bosques y el suelo, la caza y pesca, tanto continental como marina, el turismo, la salud humana, la agricultura, el transporte, la industria y energía, las finanzas y seguros y el urbanismo y la construcción.

En este contexto, el Plan se concibe como un proceso continuo y acumulativo de generación de conocimientos y de creación y fortalecimiento de capacidades para aplicarlos, y pretende que sirva para proporcionar asistencia a todas las administraciones y organizaciones interesadas en evaluar los impactos del cambio climático en su área de interés, facilitando conocimientos, herramientas y métodos, y promoviendo procesos de participación que conduzcan a la definición de las mejores opciones de adaptación al cambio climático.

Para cumplimentar los objetivos generales anteriores, el Plan plantea desarrollar los escenarios climáticos regionales en todo el ámbito geográfico español, viabilizar la determinación de los impactos, la vulnerabilidad y la adaptación al cambio climático en los sectores aludidos y promover y difundir los resultados de proyectos de investigación y desarrollo encaminados a evaluar los impactos del cambio climático. También se asume como objetivo específico la integración de las políticas de adaptación al cambio climático en las políticas sectoriales mediante la implicación de todos los sectores afectados.

El desarrollo del PNACC se lleva a cabo mediante programas de trabajo, que son propuestos por la OECC, que es la encargada de revisarlos anualmente y de elaborar los correspondientes informes de seguimiento. Hasta la fecha se han presentado dos programas de trabajo, en 2006 y 2009, habiéndose elaborado sus respectivos informes de seguimiento en 2008 y 2011, respectivamente.

Primer programa de trabajo

El primer programa de trabajo del PNACC se elaboró en 2006, con un horizonte de finalización en 2010; contemplaba como principales actividades la generación de escenarios climáticos regionales junto con los mecanismos para actualizarlos periódicamente, y la evaluación de los impactos del cambio climático en los recursos hídricos, la biodiversidad y las zonas costeras.

Consecuentemente, la Agencia Estatal de Meteorología (AEMET) preparó el *Informe de Escenarios Climáticos Regionalizados* en el que se concretaron diversos escenarios climáticos y se generaron proyecciones de evolución del clima para el siglo XXI para diferentes supuestos de emisión de gases de efecto invernadero; este informe es el documento de referencia para la realización del análisis de impactos de los tres sectores considerados, que se propuso tuviera el alcance siguiente:

- El estudio del impacto del cambio climático sobre los recursos hídricos en el siglo XXI se plantea abordarlo sobre cuatro aspectos fundamentales como son el de la cantidad teniendo en cuenta el régimen natural, las demandas de agua –concretamente las de los sectores agrícola, industrial y abastecimiento-, y su estrategia de adaptación, la gestión de recursos en los sistemas de explotación y el estado ecológico de las masas de agua
- La investigación sobre el impacto del cambio climático sobre la biodiversidad realizado, por un lado, sobre la flora, vegetación y tipos de hábitat y, por otro, sobre la fauna
- En relación con las zonas costeras, se prevé desarrollar, en primera instancia, un diagnóstico preliminar de la franja costera mediterránea peninsular, la atlántica andaluza y los dos archipiélagos españoles.

Segundo programa de trabajo

El segundo programa de trabajo del PNACC aprobado en 2009 revisó los progresos del primero y tiene un claro carácter continuista, concretamente en lo que se refiere al análisis de la evaluación sectorial de impactos. Tiene un periodo de duración de cuatro años y está estructurado en torno a los cuatro ejes siguientes:

- Evaluación sectorial de impactos, vulnerabilidad y adaptación al cambio climático. Es el núcleo del programa de trabajo que da continuidad al primero. Se mantiene la línea de trabajo relativa a la generación de escenarios climáticos regionalizados y a la evaluación de impactos en los sectores de los recursos hídricos, biodiversidad y costas y, además, se inicia el análisis de nuevos sectores como son los de salud, agricultura, turismo, bosques y suelos/lucha contra la desertificación.
- Integración de la adaptación al cambio climático en la normativa sectorial. Tanto a

nivel nacional, autonómico y local teniendo en cuenta las políticas de la Unión Europea, pretende la inclusión explícita en la normativa sectorial de la de adaptación al cambio climático. También se contempla el desarrollo de directrices técnicas, instrucciones, orientaciones, manuales de buenas prácticas.

- Movilización de actores clave, destinado a dar cumplimiento a lo establecido en el PNACC en relación con la participación, comunicación, formación y concienciación. Con este eje se pretende potenciar la movilización de los actores clave que deben tomar parte en la identificación de medidas de adaptación en aquellos sectores donde la iniciativa tanto privada como pública sea fundamental para desarrollar actividades de evaluación de impactos y vulnerabilidad, y adaptación al cambio climático
- Establecimiento de un sistema de indicadores de los impactos y de la adaptación al cambio climático. Se pretende establecerlo con objeto de contar con un instrumento de seguimiento y evaluación que permita orienta los sucesivos desarrollos del PNACC
- Complementariamente a los cuatro ejes anteriores, el segundo plan de trabajo se apoya en los dos pilares básicos siguientes:
 - Coordinación entre las administraciones central y autonómicas a través del grupo de trabajo de Impactos y Adaptación, que tiene como objetivo el diseño y adopción de los programas de trabajo del PNACC, así como el seguimiento de las actividades del propio Plan. A corto plazo se pretende establecer una Plataforma nacional de intercambio de información en materia de adaptación al cambio climático, prevista para mayo de 2013, en colaboración con la Fundación Biodiversidad. Esta plataforma nacional será complementaria a la Plataforma europea de adaptación lanzada en marzo de 2012 en el marco del desarrollo del Libro Blanco sobre Adaptación
 - Potenciación de la I+D+i desde la perspectiva de la investigación, innovación y el desarrollo e implementación de tecnologías de adaptación. Se desarrolla a través de la Acción Estratégica Energía y Cambio Climático, del Plan Nacional de I+D+i



2008-2011, que ha sido prorrogado recientemente. Subprograma Nacional para la mitigación no energética del cambio climático, observación del clima y adaptación al cambio climático. Se están financiando proyectos de generación de escenarios climáticos regionalizados (ESCENA, ESTCENA), de evaluación de impacto del cambio climático en zonas costeras (C3E), en el sector de la agricultura (ARCO), etc.

Los recursos hídricos y el cambio climático en España

En consonancia con lo previsto en el primer plan de trabajo del PNACC, se ha realizado la evaluación del impacto del cambio climático sobre los recursos hídricos; los organismos implicados en el desarrollo de este trabajo han sido la Dirección General del Agua, el Centro de Estudios Hidrográficos del CEDEX, la Agencia Estatal de Meteorología y la Oficina Española de Cambio Climático.

Como ya se ha expuesto, el trabajo desarrollado tiene en cuenta los aspectos cuantitativo, cualitativo, la gestión y la demanda (agrícola, urbana). Concretamente, en relación con el estudio cuantitativo del recurso, que es del que ya se dispone de resultados, se ha usado el modelo de simulación hidrológica SIMPA, basándose en los escenarios de cambio climático regionalizados del PNACC a lo largo del siglo XXI y se han obtenido resultados de los componentes del ciclo hidrológico en régimen natural.

Los resultados agregados de la evaluación indican una reducción generalizada de recursos hídricos en España, más acentuada conforme avanza el siglo XXI. El comportamiento es similar entre escenarios, si bien las disminuciones serán más acusadas en el A2 (emisiones más altas) que en el B2.

La mayor relevancia de los resultados radica en la consistencia en términos de tendencias del conjunto de resultados producido bajo los diferentes escenarios climáticos. Las proyecciones de calentamiento a lo largo del siglo XXI y los proyectados decrecimientos en los valores de las precipitaciones se traducen en disminuciones de la escurrentía que





Anna Fornells y Julio García

reflejan los patrones de distribución espacio-temporal de los cambios proyectados en los parámetros climáticos. Las reducciones medias de escorrentía anual para España podrían ser del orden del 8% para 2011-2040, del 11 al 16 % para 2041-2070 y del 14 al 28 % para 2071-2100, respectivamente, en función del escenario de emisiones considerado B2 o A2.

Además, y ya en el plano normativo, los resultados del PNACC se han incorporado en una serie de documentos base de la planificación hidrológica, y concretamente en los siguientes artículos del Reglamento de Planificación Hidrológica (RD 907/2007):

- Inventario de recursos hídricos naturales (art 11.4). *El plan hidrológico evaluará el posible efecto del cambio climático sobre los recursos hídricos naturales de la demarcación. Para ello estimará los recursos que corresponderían a los escenarios climáticos previstos por el Ministerio de Medio Ambiente, que se tendrán en cuenta en el horizonte temporal indicado en el artículo 21.4*
- Balances, asignación y reserva de recursos (Art 21.4). *Con objeto de evaluar las tendencias a largo plazo, para el horizonte temporal del año 2027 el plan hidrológico estimará el balance o balances entre los recursos previsiblemente disponibles y las demandas previsibles correspondientes a los diferentes usos. Para la realización de este balance se tendrá en cuenta el posible efecto del cambio climático sobre los recursos hídricos naturales de la demarcación de acuerdo con lo establecido en el artículo 11. El citado horizonte temporal se incrementará en seis años en las sucesivas actualizaciones de los planes.*
- También en la Instrucción de Planificación Hidrológica (Orden ARM/2656/2008) se establece que el plan hidrológico de cada cuenca evaluará el posible efecto del cambio climático sobre los recursos hídricos naturales de la demarcación. Para ello se plantea estimar, mediante modelos de simulación hidrológica, los recursos que corresponderían a los escenarios climáticos previstos por el Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente.

Como está previsto, en el inmediato futuro se realizarán evaluaciones de impactos, vulnerabilidad y adaptación al cambio climático en el sector de los recursos hídricos con objeto de determinar la capacidad del sistema actual de gestión hidrológica a nivel nacional y por cuencas hidrográficas frente al cambio climático, con objeto de identificar opciones de adaptación tanto a través de medidas estructurales como de gestión, determinar los impactos en las aguas subterráneas y en los sistemas de abastecimiento y saneamiento.



© Miguel Ángel Gómez



5 CAMBIO CLIMÁTICO Y GESTIÓN DE RECURSOS HÍDRICOS EN EUROPA

Philippe Quevauviller

Vrije Universiteit Brussel (VUB), Departamento de Hidrología e Ingeniería Hidrológica,

INTRODUCCIÓN

La Directiva Marco del Agua -DMA- (Comisión Europea, 2000) se basa en principios de gestión integrada de recursos hídricos, incluyendo, en particular, un enfoque paso a paso en cuanto a la caracterización de riesgos, el seguimiento, y los programas de medidas integrados en la planificación hidrológica de cuencas (Chave, 2001; Quevauviller *et al.*, 2008). Además de los riesgos “clásicos” de deterioro de calidad del agua y sobreexplotación (que deben considerarse en relación con el logro de un “buen estado” para el 2015), está teniendo lugar un diálogo a nivel de la UE sobre los riesgos relacionados con el cambio climático y sus implicaciones para la gestión del agua. Esta cuestión se pone aún más de relieve con el desarrollo de los primeros planes hidrológicos de cuenca bajo la DMA, que está vigente desde 2010. La integración del conocimiento sobre los posibles impactos del cambio climático en la implantación de políticas de aguas concierne a varios de los aspectos técnicos mencionados anteriormente (caracterización de riesgos, seguimiento, programas de acción) así como la evaluación del logro de los objetivos de “buen estado” (en 2015). Estas cuestiones han sido y están siendo actualmente analizadas con una amplia variedad de expertos y partes interesadas, en el marco de grupos de trabajo que operan bajo la llamada Estrategia Común de Implantación de la DMA (ECI). La primera parte de este apartado resume las principales cuestiones que se han analizado en este marco. La segunda parte describe tendencias en la investigación que apoyan el desarrollo de políticas, analizando en particular la mejor manera de que las conclusiones y recomendaciones científicas sean adoptadas por los encargados de formular políticas y los gestores del agua en los próximos años. Se utilizan como ejemplo para ilustrar este objetivo una serie de proyectos de investigación financiados por la Comisión Europea, y se examinan las perspectivas existentes para fortalecer las conexiones entre la comunidad científica y la comunidad encargada de formular políticas en esta área. Las reflexiones que se presentan en este artículo han sido adaptadas a partir de publicaciones recientes (Quevauviller *et al.*, 2011; Quevauviller, 2011).

LA DMA Y EL CAMBIO CLIMÁTICO

Mediante su enfoque escalonado, la DMA pone en práctica los principios de la Gestión Integrada de los Recursos Hídricos con objeto de alcanzar un buen estado de las aguas para el 2015 (estado químico de todas las aguas, estado ecológico de las aguas superficiales, y estado cuantitativo de las aguas subterráneas). Los diferentes hitos se resumen a continuación:

- Delineación y caracterización de las masas de agua (las unidades a efectos de notificación) dentro de Demarcaciones Hidrográficas bien definidas, lo que se basa de forma directa en un buen entendimiento de los sistemas hidrológicos (y en un análisis adecuado de presiones e impactos). Esta clasificación tenía que ser llevada a cabo por los Estados Miembros entre 2004 y 2005, y los resultados notificados a la Comisión Europea. Un informe con una síntesis de los informes de Estados Miembros fue preparado por la Comisión Europea y publicado en marzo de 2007³.
- Establecimiento de un registro de zonas protegidas en cada Demarcación Hidrográfica, que han sido designadas por necesitar protección específica de sus aguas superficiales o subterráneas o para la conservación de hábitats y especies que dependen directamente del agua. Estas incluyen aguas utilizadas para la captación de agua potable y todas las áreas protegidas bajo las siguientes directivas: La Directiva

de Aguas de Baño¹, las zonas vulnerables bajo la Directiva de Nitratos², las zonas sensibles bajo la Directiva de Aguas Residuales Urbanas³, y las áreas designadas para la protección de hábitats y especies incluyendo los espacios Natura 2000 relevantes, designados bajo las directivas de hábitats⁴ y aves⁵.

- Establecimiento de redes de control basadas en los resultados de la caracterización y evaluación de riesgos (realizada en 2004-2005) para proporcionar una perspectiva integral del estado de las aguas. Los programas de seguimiento tenían que ser diseñados por los Estados Miembros y estar operativos a finales de 2006. Este paso es una parte esencial del ciclo global de gestión ya que los datos obtenidos con el seguimiento constituyen el principal componente de la evaluación de estado de las aguas.
- Desarrollo de un Plan Hidrológico de Cuenca para cada demarcación hidrográfica en la Unión Europea (incluyendo las cuencas transfronterizas), incluyendo un resumen de presiones e impactos de la actividad humana sobre el estado de las aguas, una presentación en formato cartográfico para hacer un seguimiento de los resultados, un resumen del análisis económico del uso del agua, un resumen de los programas de protección, y medidas de control y restauración. El primer Plan Hidrológico de Cuenca fue publicado a finales de 2009 después de una consulta pública que tuvo lugar en 2008. Está prevista una revisión para finales de 2015 (antes de la presentación del segundo plan hidrológico de cuenca, que también será objeto de consulta pública) y cada seis años a partir de entonces.
- Consideración del principio de recuperación de los costes de los servicios relacionados con el agua, incluyendo costes medioambientales y los relativos a los recursos, de conformidad con el principio de quien contamina paga.
- Diseño de un programa de medidas para lograr los objetivos medioambientales de la DMA que debía estar operativo a finales de 2012. Las medidas básicas incluyen, por ejemplo, controles sobre la extracción de aguas subterráneas, controles de vertidos de fuentes puntuales y fuentes difusas que puedan generar contaminación, etc. Medidas suplementarias que incluyen por ejemplo medidas fiscales, investigación, etc. (en el Anexo VI de la DMA puede encontrarse una lista completa de medidas). El programa de medidas debe ser revisado y, si fuera necesario, actualizado para 2015 y posteriormente cada seis años.

Además del marco de gestión establecido por la DMA, los desastres relacionados con el clima (en particular inundaciones y sequías) se consideran en la Directiva sobre Inundaciones (2007/60/CE) y la Comunicación sobre Escasez de Agua y Sequía, que destacan el desarrollo reciente de políticas en esta área. Debe tenerse en cuenta que el cambio climático no se clasifica como una presión antropogénica en el sentido estricto en la terminología de la DMA, aún cuando existe un consenso general en la comunidad científica de que el cambio climático es, al menos hasta cierto punto, causado por la actividad humana. De hecho, los impactos del cambio climático no pueden mitigarse por los actuales programas de medidas de la DMA (relacionados con la implantación de varias directivas de la UE), que están dirigidos fundamentalmente a las presiones antropogénicas (principalmente la contaminación, pero también la sobreexplotación de recursos hídricos).

Se teme cada vez más que el cambio climático pueda influir en la implantación de la DMA, y por lo tanto en los objetivos de estado (Wilby *et al.*, 2006; Ludwig *et al.*, 2009; Quevauviller *et al.*, 2011). El diálogo a nivel de políticas también se refleja en un documento guía publicado por la Comisión Europea, que examina la gestión de cuencas hidrográficas en un clima cambiante (Comisión Europea, 2009a). En este sentido, los posibles riesgos hidrometeorológicos que puedan afectar a la gestión de aguas (principalmente relacionados con las inundaciones y las sequías) no se tratan de forma específica en la DMA, que, sin embargo proporciona un marco para incluir los impactos del cambio climático en el proceso de planificación. En particular, el requisito de identificar y caracterizar las “presiones significativas” que afectan a las aguas podría considerarse que incluye el cambio climático

3 Informe de la Comisión sobre la Directiva Marco de Aguas, marzo de 2007

4 Directiva 76/160/CEE, DO L31 de 5.02.1976

5 Directiva 91/676/CEE, DO L375 de 31.12.1991

6 Directiva 91/271/CEE, DO L135 de 30.05.1991

7 Directiva 92/43/CEE, DO L206 de 22.07.1992

8 Directiva 79/409/CEE, DO L103 de 25.04.1979

(Wilby *et al.*, 2006). El cambio climático, de hecho, posiblemente podría agravar las presiones antropogénicas existentes o futuras y por tanto debería considerarse en el marco de políticas. Por ejemplo podría haber impactos sobre los regímenes hidrológicos, precipitaciones, fluctuaciones del nivel de las aguas, etc. (Wilby *et al.*, 2006; Ludwig *et al.*, 2009), mientras que eventos extremos como inundaciones y sequías pueden llevar a un aumento de las cargas de sedimento y la movilización de sedimentos contaminados. Los posibles impactos del cambio climático sobre los hitos de la DMA se analizan en el documento guía citado anteriormente (Comisión Europea, 2009a), que se ha elaborado considerando los principios del Libro Blanco de la Comisión Europea sobre la Adaptación al cambio climático (Comisión Europea, 2009b). Una característica de este documento es la identificación de estrategias de adaptación para aumentar la resistencia al cambio climático de una amplia variedad de sectores, incluyendo la mejora de la gestión de recursos hídricos y ecosistemas.

Además del marco mencionado, y complementando los aspectos de gestión de la calidad y la cantidad del agua existentes, los eventos extremos como las inundaciones y las sequías también se consideran al nivel de políticas europeas. En primer lugar, la Directiva sobre Inundaciones exige a los Estados Miembro de la UE que evalúen y gestionen los riesgos de inundaciones, con objeto de reducir las consecuencias negativas para la salud humana, el medio ambiente, el patrimonio cultural y la actividad económica asociadas con las inundaciones en Europa (Comisión Europea, 2007a). Esta directiva tiene que coordinarse con la implantación de la DMA desde los segundos planes hidrológicos de cuenca en adelante. Por lo tanto proporciona un mecanismo exhaustivo para evaluar y hacer un seguimiento de los riesgos de inundación crecientes, incluyendo los que se deben al cambio climático, y para desarrollar mecanismos de adaptación adecuados. En segundo lugar, la escasez de agua y las sequías también se consideran en el contexto de las políticas (Comisión Europea, 2007b). En particular, la Comisión Europea lleva a cabo una evaluación anual a nivel europeo de la escasez de agua y las sequías para hacer un seguimiento de posibles cambios en toda Europa y para identificar donde son necesarias más acciones en respuesta al cambio climático. Asimismo, se prevé una revisión de la estrategia sobre la escasez de agua y las sequías en 2012.

Por lo tanto, puede considerarse que los pasos sucesivos del proceso de planificación hidrológica de cuenca según la DMA proporciona una estructura conveniente para incorporar la adaptación a los riesgos hídricos relacionados con el clima (incluyendo eventos extremos que puedan llevar a posibles desastres) mediante la evaluación de riesgos, el seguimiento, el establecimiento de objetivos ambientales, el análisis económico y los programas de acción para lograr objetivos ambientales bien definidos (Comisión Europea, 2009a).

La necesidad de respuestas en forma de políticas para afrontar los impactos del cambio climático sobre los recursos hídricos es mundialmente reconocida, como se expone en el Informe Técnico sobre Agua del Panel Intergubernamental sobre el Cambio Climático (IPCC, por sus siglas en inglés) (Bates *et al.*, 2008), que se dirige fundamentalmente a los encargados de formular políticas implicados en todas las áreas relacionadas con la gestión de recursos de agua dulce, el cambio climático, los estudios estratégicos, la ordenación del territorio y el desarrollo socio-económico. Algunos de los principios que se recomienda incluir en las políticas son la necesidad de anticipar cambios en sistemas hidrológicos que son sensibles al clima, de entender el alcance y las causas de la variabilidad y el cambio en lugares de referencia (en particular, los más vulnerables), de evaluar las influencias directas e indirectas sobre las presiones debidas al cambio climático, y de identificar y hacer un seguimiento riguroso de “puntos calientes” para el cambio climático. Los principios fundamentales para la adaptación favorecen opciones robustas frente a las incertidumbres de las proyecciones del clima e integran la puesta en práctica de medidas de adaptación de forma inter-sectorial (en línea con la planificación hidrológica de cuenca).

Las reflexiones anteriores ponen claramente de relieve que la dimensión del cambio climático tendrá que ser integrada cada vez más en la planificación hidrológica de cuenca según la DMA (Comisión Europea, 2009a). Como se ha dicho anteriormente, los impactos del cambio climático en efecto interaccionan con y posiblemente agraven otras presiones antropogénicas; por ejemplo, cambios en la precipitación y periodos de mayor calor/más secos alteran tanto la disponibilidad de agua como la demanda de agua para usos como la agricultura, niveles de agua más bajos pueden llevar a un aumento de la concentración de sustancias contaminantes (al ser menor la dilución), etc. La integración de cuestiones relacionadas con el cambio climático en la planificación hidrológica de cuenca según la DMA se trata en detalle en el documento guía mencionado anteriormente (Comisión Europea, 2009a) y en publicaciones recientes (Wright *et al.*, 2011; Quevauviller, 2011).

LA BASE DE CONOCIMIENTO DE LAS POLÍTICAS DE AGUAS EUROPEAS

La DMA proporciona una plataforma política bien establecida, permitiendo el fortalecimiento de la comunicación y el intercambio de buenas prácticas entre todos los actores implicados en la gestión de aguas a nivel de la UE (los que implementan las políticas, los que proporcionan la tecnología, la comunidad científica, partes interesadas del sector de la industria, ONGs, etc.) en el contexto de la Estrategia Común de Implantación (Quevauviller *et al.*, 2011). Las actividades de investigación procuran apoyo a la implantación de la DMA y políticas de aguas relacionadas, en realidad siguiendo tendencias que comenzaron en los primeros tiempos de los Programas Marco para la Investigación y el Desarrollo Tecnológico (Schmitz *et al.*, 1994) y que continúan con el Séptimo Programa Marco (2007-2013).

Las áreas de investigación en curso financiadas por el Séptimo Programa Marco de la UE que son relevantes para las políticas de aguas tratan sobre las presiones sobre el medio ambiente y el clima, los impactos y reacción a ellos, medio ambiente y salud, conservación y gestión sostenible de recursos naturales (incluyendo aguas subterráneas), evolución del medio ambiente marino, tecnologías ambientales, entendimiento y prevención de peligros naturales, métodos de pronóstico y herramientas de evaluación, y observación de la tierra (Quevauviller *et al.*, 2011).

En el área de políticas sobre el clima, es necesaria la investigación relacionada con el cambio climático y el agua para mejorar su entendimiento y modelar los cambios climáticos relacionados con los ciclos hidrológicos a escalas que son relevantes para la toma de decisiones (posiblemente ligadas con la política). Actualmente, la información científica sobre los impactos del cambio climático relacionados con el agua no es suficiente, en particular con respecto a la calidad de las aguas, los ecosistemas acuáticos y las aguas subterráneas, incluyendo sus dimensiones socio-económicas. La investigación de los impactos del cambio climático sobre el ciclo del agua y eventos extremos relacionados (en particular inundaciones y sequías) ayudará a mejorar su entendimiento y la evaluación de los factores determinantes clave y sus interacciones con objeto de gestionar y mitigar mejor los riesgos y las incertidumbres. Los Programas Marco sexto y séptimo han financiado una serie de proyectos de investigación aún en curso relacionados con el clima; algunos ejemplos de ellos se describen en la bibliografía (Quevauviller, 2011) y en el apartado siguiente.

INVESTIGACIÓN ACTUAL

Introducción

Como se ha mencionado anteriormente, existe una variedad de proyectos de investigación que, directa o indirectamente, apoyan las políticas de aguas y clima, en particular los retos científicos que plantea la DMA, la Directiva de Inundaciones y otras políticas basadas en características operativas. En este apartado solamente se mencionan unos cuantos ejemplos. Para acceder a una lista más exhaustiva de proyectos, se invita al lector a consultar los catálogos de proyectos existentes elaborados por la Comisión Europea, y artículos relacionados (Comisión Europea, 2009c; Quevauviller, 2010; Quevauviller *et al.*, 2011; Comisión Europea, 2011).

Impactos del cambio climático sobre el ciclo del agua y los ecosistemas

Uno de los proyectos de investigación clave en esta área es el proyecto WATCH (Cambio global y Agua. Ver www.eu-watch.org) que estudia los impactos del cambio climático sobre el ciclo global del agua con el propósito de calificar la vulnerabilidad general de los recursos hídricos globales al cambio climático. Asimismo se están llevando a cabo estudios regionales, por ejemplo en el área del Mediterráneo, a través del proyecto CIRCE (Investigación sobre el cambio climático e impactos: el medio ambiente del Mediterráneo. Ver <http://www.circeproject.eu>). La investigación enfocada considera impactos específicos, por ejemplo investigaciones sobre las consecuencias del cambio climático en regiones de montaña donde la nieve y el hielo son actualmente una parte importante del ciclo hidrológico, por el proyecto ACQWA (Evaluación de los impactos del cambio climático sobre la cantidad y calidad del agua. Ver www.acqwa.ch). Los impactos del cambio climático también se estudian en entornos específicos, por ejemplo aguas subterráneas y ecosistemas dependientes vulnerables, a través del proyecto GENESIS (Aguas subterráneas y ecosistemas dependientes. Ver www.thegenesisproject.eu), mientras que el proyecto MIRAGE (Gestión de cursos de agua temporales mediterráneos. Ver <http://www.mirage-project.eu/index.php>) estudia los impactos del cambio climático sobre la gestión de los cursos de agua temporales.



Philippe Quevauviller

Impactos del cambio climático sobre las sequías

Un grupo de trabajo constituido recientemente sobre “Impactos del cambio climático sobre el agua y la seguridad” fortalece la cooperación entre países de la UE y países vecinos del Mediterráneo (Ludwig *et al*, 2011), incluyendo investigación sobre los impactos del cambio climático sobre las sequías. La investigación que aborda de forma específica la escasez de agua y las sequías ha sido analizada por la Acción de Apoyo XEROCHORE (Un ejercicio para evaluar las necesidades de investigación y las opciones de políticas en áreas de sequía. Ver <http://www.feem-project.net/xerochore/>) que ha establecido los últimos avances en cuanto a políticas relacionadas con la sequía e identificado carencias en la investigación sobre varios aspectos de las sequías (clima, hidrología, impactos, gestión, política) y pasos a seguir para suplirlas (Kampragou *et al*, 2011). Existen proyectos de investigación sobre sequías recientes centrados en mejorar los sistemas de alerta temprana, como por ejemplo el proyecto DEWFORA (Mejora de la alerta temprana y el pronóstico sobre sequías para fortalecer la preparación y adaptación a la sequía en África) que comenzó en 2010 y el proyecto DROUGHT-R&SPI (Fomento de la investigación europea sobre sequía y la conexión entre ciencia y política), que comenzó en 2011. Otros ejemplos son proyectos relacionados con actividades de EWRA como MEDROPLAN (Preparación para la sequía y planificación de actuaciones para su mitigación en el Mediterráneo), PRODIM (Gestión proactiva de sistemas hidrológicos para hacer frente a la sequía y a la escasez de agua) etc.

Investigación sobre inundaciones extremas

Dando seguimiento a un proyecto a gran escala en apoyo a la Directiva de Inundaciones de la UE (el proyecto FLOODsite. Análisis integrado de riesgos de inundación y metodologías de gestión. Ver www.floodsite.net) que terminó en 2009, se ha desarrollado una investigación sobre la mejora de la preparación y la gestión de riesgos de crecidas relámpago y eventos de arrastre de residuos en el marco del proyecto IMPRINTS (Mejora de la preparación y gestión de riesgos de crecidas y eventos de arrastre de residuos. Ver <http://www.imprints-fp7.eu/>, Cabello *et al*, 2011). En paralelo, la cooperación internacional entre la Unión Europea y Asia se centra sobre la resiliencia a las inundaciones en áreas urbanas a través del proyecto CORFU (Investigación colaborativa sobre resistencia a las inundaciones en áreas urbanas), que examina estrategias avanzadas para una mejor gestión de inundaciones en las ciudades (Djordjevic *et al*, 2011).

Necesidades de interacción entre ciencia y políticas

En los últimos cinco años, las interacciones entre ciencia y políticas en el sector de los recursos hídricos han puesto de manifiesto la necesidad de disponer de un modelo diferente en cuanto a la comunicación de los resultados de la investigación en un formato fácilmente utilizable por los encargados de formular políticas (Quevauviller *et al*, 2005, 2010b). Cada

vez es más aceptada la idea de una posible mejora del diálogo y la comunicación entre la comunidad científica y la comunidad que formula las políticas mediante el desarrollo de una interacción operativa entre ciencia y políticas. Esta interacción tendría como objeto fomentar los intercambios y mejorar el interés en la información procedente de la investigación por parte de los encargados de formular políticas, así como el interés en las necesidades de investigación que estos expresan por parte de los científicos. Sin embargo, el desarrollo de una interacción operativa solamente será posible mediante la interacción y el asesoramiento de un grupo dedicado que incorpore a personas implicadas en políticas, científicos, y partes interesadas (Quevauviller, 2011).

El desarrollo de un mecanismo que permita esta interacción se está contemplando dentro de la llamada Estrategia Común de Implantación (ECI) de la DMA, que sirve como plataforma de intercambio entre los Estados Miembro y representantes de organizaciones interesadas. El objetivo es ayudar a los Estados Miembro a tener un acceso de manera oportuna a la información científica que apoya la implantación de la gestión integrada de recursos hídricos (y en particular la Directiva Marco del Agua y sus directivas asociadas, así como otras directivas relevantes como por ejemplo la Directiva de Inundaciones) e identificar necesidades de investigación a corto, medio y largo plazo. Se espera que una interacción operativa entre ciencia y políticas se establezca de forma sostenible, siendo uno de los retos a afrontar en los próximos años.

CONCLUSIONES

La necesidad de considerar medidas de adaptación al cambio climático a la escala de cuenca hidrográfica se está analizando actualmente en Europa a través de la Directiva Marco de Aguas, lo que se refleja en las orientaciones adoptadas en el reciente “Plan para salvaguardar los recursos hídricos de Europa”¹.

El reto, sin embargo, requiere de una base de conocimiento robusta y se considera esencial la investigación que lo apoye y fundamente. De hecho se reconoce que las acciones eficaces estarán estrechamente unidas a nuestra capacidad de integrar el conocimiento científico en el ciclo de políticas sobre recursos hídricos y clima europeas, y esto requiere del desarrollo de mecanismos de interacción entre ciencia y política (Quevauviller, 2010b, 2011). Este ambicioso objetivo implica a muchos actores diferentes, de ahí su complejidad, ya que considera no solamente el “lado humano” con diferentes mentalidades, sino también muchas disciplinas y sectores diferentes con sus prácticas y terminologías específicas (Quevauviller, 2010a). Actualmente, en la práctica este marco aún está por desarrollar e implementar en Europa, y esta es una tarea a afrontar en la próxima década.

REFERENCIAS

Bates B. C., Kundzewicz Z. W., Wu S., Palutikof J. P. (editores), “*Climate Change and Water*”, Informe Técnico del Panel Intergubernamental sobre el Cambio Climático (IPCC), Secretaría del IPCC, Ginebra, 2008, 210 pp.

Cabello A., Velasco M., Barredo J.I., Hurkmans R.T.W.L., Barrera-Escoda A., Sempere-Torres D., Velasco D. (2011) Assessment of future scenarios of climate and land-use changes in the IMPRINTS test-bed areas, *Environ. Sci. Pol.*, 14(7), 884.

Chave P. (2001) *The EU Water Framework Directive*, IWA Publishing, 208 p.

Djordjevic S., Butler D., Goursberville P., Mark O., Pasche E. (2011) New policies to deal with climate change and other drivers impacting on resilience to flooding in urban areas: the CORFU approach, *Environ. Sci. Pol.*, 14(7), 864.

Comisión Europea (2000) Directiva 2000/60/CE del Parlamento Europeo y del Consejo de 23 de octubre del 2000 por la que se establece un marco comunitario de actuación en el ámbito de la política de aguas, *Diario Oficial de las Comunidades Europeas*, L 327, 22.12.2000, p.1

Comisión Europea (2007a) Directiva 2007/60/CE del Parlamento Europeo y del Consejo de 23 de octubre de 2007 relativa a la evaluación y gestión de los riesgos de inundación, *Diario Oficial de la Unión Europea*, L 288, 6.11.2007, p.27.

Comisión Europea (2007b) Comunicación al Parlamento Europeo y al Consejo – Afrontar el desafío de la escasez de agua y la sequía en la Unión Europea, COM/2007/414 final.

Comisión Europea (2009a) *River basin management in a changing climate*, Common Implementation Strategy for the Water Framework Directive, Documento Guía N° 24, ISBN 978-92-79-14298-7, 2009.

Comisión Europea (2009b) Libro Blanco “Adaptación al cambio climático: Hacia un marco europeo de actuación”, COM(2009) 147 final.

Comisión Europea (2009c) European Research Framework Programme: Research on climate change, European Commission, EUR 23609.

Comisión Europea (2011) *Climate Change Impacts and Adaptation: Reducing Water-related Risks in Europe*, Proceedings of the EU-ISDR Int. Workshop, Brussels, 6-7 July 2010, EUR Report, EUR 10-620 EN.

Kampragou E., Apostolaki S., Manoli E., Froebrich J., Assimacopoulos D. (2011) Towards the harmonization of water-related policies for managing drought risks across the EU, *Environ. Sci. Pol.*, 14(7), 815.

Ludwig F., Kabat P., van Schaik H., van der Valk M., Editores. (2009) *Climate change adaptation in the water sector*, Earthscan, Londres.

Ludwig R., Roson R., Zografos C. & Kallis G. (2011) Towards an inter-disciplinary research agenda on climate change, water and security in Southern Europe and neighbouring countries, *Environ. Sci. Pol.*, 14(7), 794.

Quevauviller Ph. (2010a) *Water sustainability and climate change in the EU and global context - Policy and research responses*, IEST Vol. 31, RSC Publishing, Cambridge, 1-24 .

Quevauviller Ph., Ed. (2010b) *Water System Science and Policy Interfacing*, RSC Publishing, Cambridge, ISBN: 978-1-84755-861-9, 430 p.

Quevauviller Ph. (2011) Adapting to climate change: Reducing water-related risks in Europe – EU policy and research considerations, *Environ. Sci. Pol.*, 14(7), 722.

Quevauviller Ph., Balabanis P., Fragakis C., Weydert M., Oliver M., Kaschl A., Arnold G., Kroll A., Galbiati L., Zaldivar J.M, Bidoglio G. (2005), Science-policy integration needs in support of the implementation of the EU Water Framework Directive, *Environ. Sci. Pol.*, 8, 203.

Quevauviller Ph., Borchers U., Thompson K.C., Simonart T., Editores. (2008) *The Water Framework Directive - Ecological and Chemical Status Monitoring*, John Wiley and Sons Ltd, Chichester, ISBN: 978-0-470-51836-6, 476 p.

Quevauviller Ph., Borchers U., Thompson K.C., Simonart T., Editores. (2011) *The Water Framework Directive - Action Programmes and Adaptation to Climate Change*, RSC Publishing, Cambridge, ISBN: 978-1-84973-053-2, 214 p.

Schmitz B., Reiniger P., Pero H., Quevauviller Ph. and Warras M. (1994) *Europe and scientific and technological cooperation on water*, Comisión Europea, Informe EUR 15645 EN, ISBN 92-826-6464-3.

Wilby R. L., Orr H.G., Hedger M., Forrow D., Blackmore M. (2006) *Environ. Intern.*, 32, 1043.

Wright et al. (2011) in: *The Water Framework Directive – Action Programmes and Adaptation to Climate Change*, Quevauviller Ph., Borchers U., Thompson K.C., Simonart T., Eds., RSC Publishing, Cambridge, Capítulo 2.1.



6 ESTUDIO SOBRE LAS POLÍTICAS DE ADAPTACIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO EN LA COMUNIDAD DE MADRID

Luis Garrote y Ana Iglesias
Universidad Politécnica de Madrid

INTRODUCCIÓN

En lo que sigue se presenta una síntesis del estudio de investigación realizado en colaboración con la Fundación Canal sobre los impactos del cambio climático en los recursos hídricos de la Comunidad de Madrid, y su repercusión sobre otros sectores que dependen del agua¹⁰. Debido a la gran concentración de población en la Región y a la ausencia de grandes ríos, los recursos hídricos en la Comunidad de Madrid son escasos y su grado de aprovechamiento actual es ya muy alto. Aunque los niveles actuales de garantía del abastecimiento son satisfactorios, el cambio climático supone una amenaza para el mantenimiento de este nivel de garantía en el futuro y por tanto la adaptación al cambio climático es fundamental. En el sector de los recursos hídricos, la adaptación al cambio climático necesariamente supone una mayor racionalización de los usos del agua, aumentando la eficiencia y reduciendo el consumo. En la Comunidad de Madrid la importancia relativa de los recursos hídricos sobre las actividades sociales es mayor que en otras regiones, por lo que la puesta en marcha de las medidas de adaptación afectará necesariamente a otros sectores que dependen del agua.

La metodología de trabajo seguida en la elaboración del estudio se ha basado en la revisión de literatura y la consulta con expertos de los distintos sectores. En primer lugar se procedió a elaborar un documento inicial de trabajo que se circuló entre un grupo de expertos destacados en diferentes sectores relacionados con el estudio y a continuación se celebró un seminario para poner en común sus opiniones y discutir formas de mejorar el trabajo. Los objetivos del seminario fueron la evaluación del documento inicial, el contraste de la relevancia de las proyecciones climáticas en materia de recursos hídricos y la reflexión sobre las implicaciones que tiene una posible escasez de recursos hídricos en un conjunto de sectores de la economía madrileña y sobre los aspectos de la adaptación al cambio climático con referencia a la gestión del agua y a los sectores productivos dependientes de los recursos hídricos.

A partir de las aportaciones del seminario se procedió a elaborar el texto final del estudio. En el documento se presenta una breve descripción del clima y sus tendencias globales y en distintas localidades de la Comunidad de Madrid. A continuación se realiza una evaluación detallada de los efectos del cambio climático sobre los recursos hídricos de España en general y de la Comunidad de Madrid en particular. Esta evaluación es la base para la discusión sobre las presiones sobre los sistemas y para los efectos inducidos en otros sectores. Todos estos resultados se sintetizan para poner de manifiesto las necesidades de adaptación.

10 Garrote, Luis e Iglesias, Ana. *Adaptación al cambio climático. Identificación de medidas de adaptación a partir de los impactos sobre los recursos hídricos en la Comunidad de Madrid*. Fundación Canal.2012.

LA ADAPTACIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO

El análisis del cambio climático se aborda a partir de la estimación del incremento de las concentraciones de los gases de efecto invernadero. Para simular sus efectos en el clima, primero se calculan las variables climáticas con la concentración actual de gases de efecto invernadero y se comparan con las que les corresponderían al aumentar su concentración al nivel determinado por los escenarios de crecimiento social y económico. Las diferencias entre las estadísticas de ambas simulaciones (por ejemplo de la temperatura media y de la variabilidad interanual) permiten estimar el cambio climático correspondiente.

Este procedimiento se aplica empleando distintos modelos de clima global y con metodologías diferentes en cada equipo de investigación. Los resultados obtenidos en estos estudios son bastante coincidentes, y apuntan hacia un calentamiento global del orden de 2°C a 5°C para el final del siglo XXI. Los resultados de las simulaciones también apuntan hacia un aumento de la precipitación global anual (5 a 25%), que es razonable puesto que la presión de vapor de saturación de agua aumenta con la temperatura, permitiendo que el aire caliente retenga más vapor de agua.

Estas alteraciones climáticas plantean serios problemas sociales, y requieren de la intervención política para mitigar sus efectos y adaptarse a la nueva situación. Existen dos tipos de intervenciones políticas frente al cambio climático: control de las emisiones de gases de efecto invernadero, que se conoce como mitigación, y ajustes a las consecuencias del cambio, que se conoce como adaptación. El documento base para el establecimiento de las políticas de cambio climático es el Protocolo de Kioto de la Convención Marco sobre el Cambio Climático de las Naciones Unidas, que impone reducciones de las emisiones de gases de efecto invernadero a los países que lo ratifican, estableciendo una clara diferencia entre mitigación y adaptación. Cualquier acción de adaptación al cambio climático no puede resultar en un aumento de gases de efecto invernadero, por tanto las acciones de adaptación tienen que tener en cuenta también el potencial de mitigación.

La adaptación al cambio climático puede entenderse en dos niveles, el individual o privado y el colectivo o público. La adaptación individual o privada se refiere a la capacidad de personas o empresas para responder al cambio climático como agentes individuales, por lo que es poco probable que este tipo de adaptación sea óptima, debido a la falta de información o a condicionamientos financieros y a la incertidumbre producida por la dificultad de conseguir datos agregados a diferentes escalas espaciales. La acción coordinada por los poderes públicos ofrece ventajas económicas, ambientales y sociales porque tiene la capacidad de anticipar los impactos potenciales y puede establecer estrategias que reduzcan sus efectos.

EL EFECTO DEL CAMBIO CLIMÁTICO SOBRE LOS RECURSOS HÍDRICOS EN ESPAÑA

Recientemente se ha publicado la "Evaluación del impacto del cambio climático en los recursos hídricos en régimen natural" elaborado por el Centro de Estudios Hidrográficos del CEDEX. En este trabajo se parte de los escenarios climáticos regionalizados, elaborados por la Agencia Estatal de Meteorología. Estas proyecciones combinan los resultados de modelos de simulación del comportamiento de la atmósfera y el océano (modelos de circulación global), realizados por diversos organismos internacionales, para distintos supuestos de emisión de gases de efecto invernadero, a los que se aplica posteriormente un proceso de adaptación regional para mejorar su precisión a escala local (técnicas de regionalización). Se utilizaron proyecciones climáticas compuestas por datos diarios de precipitación y temperatura en cuatro periodos temporales: 1961-1990 (periodo de control), 2011-2040, 2041-2070 y 2071-2100 en los escenarios de emisiones A2 y B2. Para el estudio de la respuesta hidrológica se empleó el modelo SIMPA, que trabaja a escala mensual y proporciona resultados de evapotranspiración, recarga de acuíferos y escorrentía total, suma de la superficial y de la subterránea. La escorrentía de cada celda del territorio se acumula en la red de drenaje para obtener el valor de la aportación. El análisis realizado consistió en obtener desviaciones porcentuales entre los resultados de cada periodo del siglo XXI y el periodo de control, asumiendo que el clima se hubiera comportado según los datos de las proyecciones durante dicho periodo de control.

Las proyecciones del estudio del CEDEX pronostican una reducción generalizada de la precipitación conforme avanza el siglo XXI, por lo que se reducirían las disponibilidades



Luis Garrote

de agua. En el conjunto de proyecciones del escenario de emisiones A2 se obtienen variaciones de precipitación media en España de -5%, -9% y -17% durante los periodos 2011-2040, 2041-2070 y 2071-2100 respectivamente. En el escenario B2 se obtienen unas variaciones de -5%, -8% y -9% en los mismos periodos. Como consecuencia de ello, se prevé una disminución correlativa de la escorrentía. Las proyecciones del escenario A2 dan lugar a unas variaciones de escorrentía en España del -8% para el periodo 2011-2040, -16% para el 2041-2070 y -28% para el 2071-2100. Las variaciones en el escenario B2 son del -8%, -11% y del -14%, respectivamente. La disminución de la escorrentía varía también regionalmente. El patrón de distribución espacial permite identificar una mayor incidencia en las cuencas Cantábricas, del País Vasco, cabeceras del Ebro y Duero, suroeste peninsular y Canarias. Desde el punto de vista de la evolución temporal, la disminución se extenderá progresivamente por toda España en la primera mitad del siglo XXI, excepto en determinadas zonas de la costa mediterránea y del noreste peninsular, y será generalizada durante el último periodo del siglo, donde las proyecciones del escenario B2 son más suaves que las del escenario A2. Estas proyecciones tienen un amplio margen de incertidumbre. Si se analizan las proyecciones individuales (se emplearon un total de 6 métodos de cálculo para cada escenario de emisiones) se aprecia que los resultados difieren de manera considerable, especialmente durante el último periodo del siglo XXI en el que se estiman variaciones de escorrentía entre un -40% y 0%.

En general, y a pesar de las grandes diferencias en cuanto a los escenarios analizados, las escalas de análisis y las metodologías empleadas, los resultados obtenidos en los estudios realizados hasta la fecha son cualitativamente coincidentes. Se esperan reducciones de las aportaciones en régimen natural en la totalidad de las cuencas españolas. La cuantía de la disminución es función de la variación supuesta de temperaturas y precipitaciones, pero resulta en todos los casos más acusada en la mitad sur peninsular. En varias de estas cuencas las cifras obtenidas en los cálculos son ciertamente preocupantes, especialmente si se tiene en cuenta la situación de escasez o déficit estructural en la que se encuentran ya en la actualidad.

EL EFECTO DEL CAMBIO CLIMÁTICO SOBRE LOS RECURSOS HÍDRICOS EN LA COMUNIDAD DE MADRID

Es muy difícil determinar con precisión el efecto que podrían tener los diferentes escenarios de cambio climático sobre el sistema de abastecimiento de Madrid, debido a la dispersión que presentan las distintas proyecciones para cada escenario y a la gran complejidad del sistema. Sin embargo, está claro que las reducciones previstas en la escorrentía tendrán un efecto muy importante en el sistema de abastecimiento del Canal de Isabel II, obligando a adoptar medidas de adaptación muy significativas.

En el trabajo se ha realizado un estudio específico centrado en las cuencas de la Comunidad de Madrid a partir de los resultados de los modelos del proyecto europeo PRUDENCE. A partir de los estudios realizados puede afirmarse que el sistema de abastecimiento de Madrid se encuentra en una situación de gran exposición frente a la reducción de aportaciones, ya que se comprueba que los porcentajes de reducción de la aportación y su disponibilidad son muy similares en la mayor parte de los embalses. Esto indica que, salvo en el caso de los ríos Sorbe y Jarama, los recursos propios en los ríos de la Comunidad con los que cuenta el abastecimiento de Madrid se encuentran próximos a la máxima regulación posible, dadas las características hidrológicas de sus aportaciones.

Como consecuencia del cambio climático, la reducción de las aportaciones naturales producirá episodios de escasez que serán cada vez más frecuentes e intensos. También está previsto que se produzcan alteraciones en la variabilidad de los recursos, intensificando la frecuencia de ocurrencia de situaciones extremas, como inundaciones y sequías, cuyos efectos sobre la población pueden ser muy acusados. El cambio del clima también afectará a la calidad del agua; existen muchas posibles vías de afección, como son la disminución de los caudales de dilución, el incremento de la temperatura, con los consiguientes cambios en la actividad de los procesos biológicos y químicos, la modificación del flujo del agua a través del suelo, con la alteración del transporte de nutrientes y contaminantes, etc. Aunque existen muchos procesos implicados, los resultados hasta ahora apuntan hacia un probable deterioro de la calidad del recurso.

Los impactos esperados son la base fundamental para establecer prioridades de adaptación de los recursos hídricos en la Comunidad de Madrid. En el sector de los recursos hídricos, la adaptación al cambio climático consiste en la intensificación de medidas de ahorro de agua e incremento en la eficiencia de su uso que ya están en marcha en la Comunidad de Madrid. La Directiva Marco del Agua de la Unión Europea aporta un marco para la gestión del agua con la participación de todos los grupos de interés, esencial para definir las estrategias de adaptación al cambio climático. En un contexto de adaptación al cambio climático es vital que estas políticas consigan cambiar los modos de usar el agua por parte de los usuarios, lo que a su vez supondrá una modificación de sus actividades, ocasionando, a su vez, impactos que requerirán de adaptación.

Las medidas de adaptación al cambio climático en la cuenca deben centrarse fundamentalmente en la gestión de la demanda y en la obtención de recursos complementarios fuera de la Comunidad, puesto que los recursos procedentes de la reutilización de aguas residuales regeneradas tienen una utilización limitada y exigen grandes inversiones en infraestructura de distribución. En cualquier caso, en las transferencias de recursos desde otras cuencas próximas habrá que tener en cuenta los impactos sociales y ambientales que puedan presentarse.

La situación de la Comunidad de Madrid con relación a la eficiencia de uso del agua es ya muy favorable, en parte debido a los esfuerzos del CYII en el contexto de la gestión de la demanda (tarifas por bloques y estacionales) e iniciativas de sensibilización y educación. Existen instrumentos de planificación (como el Plan Municipal de Gestión de la Demanda de Agua) y normativos (Ordenanza Municipal de Uso Eficiente del Agua), que constituyen la base para iniciar una acción decidida de gestión de la demanda. Junto a ello, está en marcha un programa de reutilización de aguas residuales regeneradas, que ofrece este servicio a distintos usuarios.

El previsible incremento de presiones sobre los usos consuntivos supondrá una mayor intervención humana sobre el ciclo hidrológico, que tendrá su repercusión sobre el entorno natural. Será necesario canalizar adecuadamente la intervención humana para minimizar los impactos medioambientales, aunque debe tenderse hacia una nueva situación de equilibrio, ya que no sería razonable intentar revertir el cambio climático mediante la conservación artificial de los ecosistemas existentes antes del cambio. El reto consiste en

anticipar los efectos negativos del cambio climático mediante el análisis de escenarios y adoptar estrategias de gestión que sean positivas en la situación actual y no empeoren la situación en el caso de un cambio climático adverso.



IMPACTOS SOBRE OTROS SECTORES

En conjunto, los impactos del cambio climático en los recursos hídricos se irán trasladando a otros sectores a través de las medidas de adaptación que se vayan estableciendo. Estos impactos se añadirán a los que cada sector pueda sufrir independientemente como consecuencia directa del cambio climático. En algunos casos, los impactos inducidos por las medidas de adaptación al cambio climático en los recursos hídricos pueden resultar más importantes que los impactos propios del cambio climático en el sector.

En el sector del medio natural y biodiversidad la mayor influencia inducida por la adaptación en los recursos hídricos se producirá a través de la disponibilidad de agua para el mantenimiento de caudales ecológicos, que podrá influir decisivamente sobre los ecosistemas acuáticos en los ríos de la región.

En el sector agrícola los escenarios de cambio climático implican la necesidad de aumentar considerablemente los aportes de agua para el regadío. Esta estrategia presenta problemas puesto que la disponibilidad de agua a un coste asumible por la agricultura es cuestionable debido a la competencia entre usos del agua.

En el sector industrial se prevé una intensificación del control público sobre la eficiencia en el uso de agua, que podrá afectar a las explotaciones industriales en la medida en que éstas sean consumidoras del recurso. Se espera que se establezcan protocolos para auditar el consumo de agua, obligando a las empresas a adaptar sus instalaciones para alcanzar evaluaciones positivas.

En el sector de ordenación del territorio se espera que el cambio climático pueda inducir movimientos de población, en busca de las zonas con mejor habitabilidad. La intensificación de las políticas públicas para el incremento en la eficiencia del uso del agua también alterará determinados patrones urbanísticos, modificando el papel que puedan jugar elementos como zonas verdes o espejos de agua.

A pesar de que este tipo de estudios pretende ser realista, muchas incertidumbres críticas se mantienen. Las regulaciones políticas, el coste y la disponibilidad de agua y las barreras técnicas, económicas y sociales que se puedan presentar en el futuro son imposibles de evaluar. Más allá de las barreras tecnológicas y de regulación, el cambio climático puede tener consecuencias claramente negativas en la Comunidad de Madrid. Un gran reto para la gestión del agua en la Comunidad de Madrid es definir su estrategia frente a un futuro incierto. En las condiciones actuales donde el clima es cambiante, el pasado no sirve de experiencia para el futuro.

RECOMENDACIONES PARA ESTUDIOS FUTUROS

Los trabajos desarrollados en el marco del estudio tienen un marcado carácter generalista, tanto en el alcance como en la profundidad de los análisis realizados. A la vista de los resultados obtenidos se ha elaborado un conjunto de recomendaciones y sugerencias para profundizar en algunos aspectos que han quedado fuera del ámbito de este estudio, o que durante el desarrollo del mismo se ha demostrado que es conveniente tenerlas en cuenta en estudios futuros.

- Es necesario mejorar las metodologías que permiten concretar a escala local las proyecciones de los escenarios climáticos regionales. Estas metodologías – denominadas *downscaling* –, deben contemplar las singularidades climáticas específicas de la Comunidad de Madrid que no están reproducidas en los modelos de baja resolución que se emplean para elaborar las proyecciones climáticas.
- Los modelos climáticos están actualmente orientados a reproducir la evolución de las características medias del clima como respuesta a la concentración de gases de efecto invernadero. El análisis de la gestión de los recursos hídricos exige que los modelos estén también en disposición de reproducir el comportamiento de los extremos, y en especial los ciclos de sequía y los máximos de precipitación y caudal asociados a altos periodos de retorno.

- En el caso de los recursos hídricos, sería muy conveniente realizar un estudio del posible efecto de la pérdida de precipitación en forma de nieve sobre los recursos hídricos que utiliza el Canal de Isabel II, toda vez que tendrá consecuencia en sectores de especial importancia en la Comunidad de Madrid como es el turismo. La precipitación nival proporciona más escorrentía y contribuye a una mejor regulación natural del ciclo hidrológico y los efectos de su posible disminución no han sido cuantificados.
- En el estudio realizado se han detectado varios sectores, como los ecosistemas naturales o el turismo, especialmente sensibles al cambio climático. Es conveniente acometer estudios regionales que determinen el impacto del cambio climático en los sectores económicos relevantes de la Comunidad de Madrid.
- Los efectos del cambio climático sobre los distintos sectores económicos deben ser objeto de seguimiento por parte de las Administraciones Públicas. Para ello sería conveniente poner en marcha un conjunto de indicadores que permitieran identificar dichos efectos y controlar su evolución en el tiempo.
- El cambio climático puede constituir una oportunidad para plantear un enfoque integrado en la gestión de los recursos naturales. La transición de un modelo basado en la explotación de los recursos hacia un modelo basado en su conservación y en la gestión responsable debe contemplar las cuencas hidrográficas como “fábricas de recursos hídricos” que requieren de una cuidadosa gestión para continuar prestando dicho servicio.
- La toma de decisiones en adaptación al cambio climático requiere un enfoque de gestión adaptativa. Muchos de los procesos desencadenados por las alteraciones climáticas son no lineales, y será necesario desarrollar nuevas técnicas de evaluación de inversiones que recojan esta particularidad, primando la capacidad de prestar servicio en un amplio rango de escenarios futuros sobre las meras cuestiones de eficiencia económica.
- Las medidas de adaptación deben evaluarse mediante técnicas analíticas que contemplen la singularidad del proceso; en este sentido, se recomienda las basadas en la consideración sucesiva del factor determinante, la presión, el estado, el impacto y la respuesta, para describir las interacciones entre la actividad humana y el medio ambiente. Serán más efectivas las medidas que actúen sobre los factores determinantes frente a las que actúen sobre los impactos.
- Para la valoración económica de las medidas de adaptación sería interesante realizar un análisis de coste-beneficio, teniendo en cuenta el escenario base de no aplicar medida alguna frente al cambio climático y diferentes escenarios relativos a inversiones, políticas, de prioridades, etc. En este contexto, deben cuantificarse las externalidades ambientales y asignar valor económico a los servicios ambientales.
- Algunas cuestiones, como las migraciones debidas a conflictos vinculados con la disponibilidad de agua, pueden resultar determinantes por su posible afección sobre la demografía de la Comunidad de Madrid. Sería conveniente realizar un análisis más detallado del efecto del cambio climático sobre los posibles escenarios demográficos en la Comunidad.
- Existen en la actualidad instrumentos económicos innovadores que permitirían orientar progresivamente la actividad de los particulares hacia actividades más eficientes en el uso del agua. Es conveniente profundizar en el diseño y la aplicación de estos instrumentos económicos para la gestión de la demanda.



7 EL CAMBIO CLIMÁTICO Y EL DERECHO HUMANO AL AGUA Y AL SANEAMIENTO

El apartado siguiente se basa en la intervención realizada por Bárbara Mateo en el Foro.

INTRODUCCIÓN

El agua es uno de los medios principales a través del cual el clima influye sobre los ecosistemas naturales y sobre las organizaciones sociales; el cambio climático afectará, pues, a los recursos hídricos de forma relevante y, consecuentemente, a todos los aspectos de la sociedad y la economía, en particular a los ecosistemas, la salud, la producción de comida, la garantía del suministro de agua potable, el saneamiento, la energía y la industria. De hecho, el Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático ha puesto en evidencia que en numerosas regiones del Planeta se experimentarán cambios en la cantidad y calidad de los recursos hídricos que pueden llegar a comprometer el desarrollo sostenible, la lucha contra la pobreza y la reducción de la mortalidad infantil (IPCC, 2008).

Como los usos de abastecimiento de agua y saneamiento tienen la consideración de derecho humano, y puesto que el cambio climático afectará especialmente a los países en desarrollo y a los sectores más vulnerables y empobrecidos, que son, precisamente, la gran mayoría de los casi 800 millones de personas sin acceso a sistemas de agua mejorada y de los 2.600 millones que no acceden al saneamiento básico, se configuran escenarios en los que el cumplimiento del derecho humano al agua y al saneamiento puede verse seriamente comprometido. Es por ello que resulta relevante analizar detenidamente las relaciones entre ambas cuestiones.

EL DERECHO HUMANO AL AGUA Y AL SANEAMIENTO

La Observación General 15 (Naciones Unidas, 2002) establece que (sic) *el agua es un recurso natural limitado y un bien público fundamental para la vida y la salud. El derecho humano al agua es indispensable para vivir dignamente y es condición previa para la realización de otros derechos humanos*; en este contexto delimita el derecho humano al agua como el *derecho de todos a disponer de agua suficiente, salubre, aceptable, accesible y asequible para el uso personal y doméstico*; así, junto con lo que la entonces Experta Independiente sobre la cuestión de las obligaciones de derechos humanos relacionadas con el acceso al agua potable y el saneamiento concretó en un informe específico sobre el saneamiento (Naciones Unidas, 2009), definen el contenido normativo del derecho humano al agua y al saneamiento en los términos siguientes:

- Disponibilidad. El abastecimiento de agua de cada persona debe ser continuo y suficiente para los usos personales y domésticos, que comprenden normalmente el consumo, el saneamiento, la colada, la preparación de alimentos y la higiene personal y doméstica. Además, y por lo que respecta al saneamiento, las normas de derechos humanos requieren que haya un número suficiente de instalaciones de saneamiento con servicios asociados para que los tiempos de espera no sean excesivamente largos.
- Calidad y seguridad. El uso de las instalaciones de saneamiento debe ser seguro desde el punto de vista de la higiene, lo que significa que se debe prevenir efectivamente que las personas y los animales, incluidos los insectos, entren en contacto con excrementos humanos. Además, en las instalaciones debe disponerse de agua apta para el consumo y jabón para lavarse las manos. Las consideraciones de higiene, como la higiene menstrual y la limpieza anal y genital, también tienen repercusiones importantes en la seguridad.

Por su parte, el agua necesaria para cada uso personal o doméstico debe ser salubre, y por lo tanto, no ha de contener microorganismos o sustancias químicas o radiactivas que puedan constituir una amenaza para la salud de las personas. Además, el agua debería tener un color, un olor y un sabor aceptables para cada uso personal o doméstico.

- **Aceptabilidad.** Las soluciones para el abastecimiento y saneamiento deben ser aceptables en el contexto en que se apliquen, teniendo en cuenta las particularidades culturales, sociales, medioambientales, entre otros factores, de forma que todos los servicios e instalaciones de agua y saneamiento deben ser de calidad suficiente y culturalmente adecuados, y deben tener en cuenta las necesidades relativas al género, el ciclo vital y la intimidad.
- **Accesibilidad.** El agua y las instalaciones y servicios de agua y saneamiento deben ser accesibles a todos, sin discriminación alguna, de forma segura y sin que su uso pueda comprometer la integridad de las personas.
- **Asequibilidad.** El agua y los servicios e instalaciones de agua deben estar al alcance de todos. Los costos y cargos directos e indirectos asociados con el abastecimiento de agua y el saneamiento deben ser asequibles y no deben comprometer ni poner en peligro el ejercicio de otros derechos reconocidos.

Además, en la consideración del derecho al agua también se tienen en cuenta otros criterios comunes que son definitorios de los derechos humanos (Naciones Unidas, 2010), como son la no discriminación, la participación y acceso a la información, la transparencia, rendición de cuentas y sostenibilidad:

- **No discriminación.** El agua y los servicios e instalaciones de agua y saneamiento deben ser accesibles a todos de hecho y de derecho, incluso a los sectores más vulnerables y marginados de la población, sin discriminación alguna por cualquiera de los motivos prohibidos.
- **Participación y acceso a la información.** La participación es una condición fundamental del marco de derechos humanos y está intrínsecamente vinculada al disfrute de los demás derechos humanos. Para velar por una participación adecuada es necesario, en particular, que se respeten plenamente las libertades de expresión, reunión y asociación, así como el derecho a la información. La participación ha de ser activa, libre y significativa y, por consiguiente, trascender la mera consulta y divulgación de información. Dos elementos esenciales para garantizar una participación eficaz y significativa son la transparencia y el acceso a información.
- **Rendición de cuentas.** Hacer efectiva la responsabilidad es una de las características de la normativa de derechos humanos ya que si está claramente delimitada, los responsables conocerán sus obligaciones y los ciudadanos podrán reivindicar sus derechos.
- **Sostenibilidad,** referida tanto la gestión del recurso como a la operación de los sistemas de abastecimiento y saneamiento, todo ello teniendo en cuenta las dimensiones económica, social y medioambiental.

AFECCIONES DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN EL DERECHO HUMANO AL AGUA Y AL SANEAMIENTO

Como se ha puesto en evidencia en numerosas ocasiones, los impactos del cambio climático sobre el medioambiente y los seres vivos se transmitirán a través de los recursos hídricos, por lo que resulta relevante identificar las potenciales afecciones que el cambio climático tendrá en el derecho humano al agua y al saneamiento. En lo que sigue se pasa revista a estas afecciones, teniendo en cuenta su contenido normativo.

Disponibilidad

La disponibilidad de agua se verá condicionada fundamentalmente por las sequías, las inundaciones y la merma en la disponibilidad de los recursos hídricos proveniente de glaciares, así como de la disminución de la cobertura nival.



Bárbara Mateo

Estas afecciones serán relevantes en regiones áridas como el Medio Oriente y Norte de África, así como en zonas de África subsahariana, Asia central y meridional y Sudamérica. Las áreas deltaicas de los grandes ríos, como el Mekong o Nilo, actualmente ya presentan problemas de escasez de recursos, que se verán agravados por el cambio climático y el incremento de la contaminación. Por otra parte, los Pequeños Estados Insulares en Desarrollo se verán amenazados por la elevación del nivel del mar, el cambio en los patrones de precipitación y el incremento de la evapotranspiración.

En todo caso, la disponibilidad del recurso, por cuanto al derecho humano al agua respecta, no es un factor determinante ya que las demandas asociadas al abastecimiento humano solo representan el 10% del total demandado; como se pone reiteradamente de manifiesto en las reuniones y foros internacionales, la garantía de la disponibilidad de agua no depende fundamentalmente de la cantidad del recurso, sino de decisiones políticas destinadas a priorizar los usos de abastecimiento.

Calidad

La calidad del agua se verá degradada en numerosas zonas debido al incremento de la temperatura, modificación de los niveles freáticos, sequías e inundaciones que propiciarán la presencia de gérmenes patógenos y sustancias químicas en el agua. La subida del nivel del mar contribuirá a salinizar los acuíferos costeros, degradando la calidad del agua y limitando su acceso.

Accesibilidad

La accesibilidad al agua se verá, sin duda, afectada por los impactos que experimentarán las infraestructuras de abastecimiento y saneamiento como consecuencia de las crecidas e inundaciones; como ya se puso en evidencia, la accesibilidad al agua depende más de las infraestructuras que de la disponibilidad del recurso por lo que esta cuestión es muy relevante.

Asequibilidad

Como se ha mencionado, el criterio de asequibilidad exige que los servicios de agua y saneamiento deben estar disponible a un precio que sea asequible para todas las personas, sin limitar su capacidad de adquirir otros bienes y servicios básicos, garantizados por los demás derechos humanos. El deterioro de la disponibilidad del agua y de su calidad como consecuencia del cambio climático puede llegar a hacer necesario un incremento en las tarifas para hacer frente a costos de operación y mantenimiento más caros, ocasionando que los servicios no sean asequibles para los sectores sociales más empobrecidos.

Discriminación

El cambio climático afectará de forma especial a los sectores más vulnerables y empobrecidos de los países en desarrollo, precisamente los sectores sociales en los que las coberturas de abastecimiento y saneamiento son más reducidas. Pero también incidirá sobre las mujeres y los más jóvenes, exacerbando su vulnerabilidad y marginación.

EL DERECHO HUMANO AL AGUA Y AL SANEAMIENTO Y LAS POLÍTICAS ANTE EL CAMBIO CLIMÁTICO

Existen dos tipos de intervenciones políticas frente al cambio climático, tal como se asume en el Protocolo de Kioto de la Convención Marco sobre el Cambio Climático de las Naciones Unidas; las primeras se centran en la mitigación que pretenden el control de las emisiones de gases de efecto invernadero, mientras que las segundas, de adaptación, buscan ajustarse a las consecuencias del cambio, reduciendo los impactos, riesgo de daños y la vulnerabilidad al cambio climático. Cualquier acción de adaptación al cambio climático no puede resultar en un aumento de gases de efecto invernadero, por lo que las acciones de adaptación tienen que tener en cuenta también el potencial de mitigación.

Cualesquiera que sean las medidas adoptadas o propugnadas para luchar contra el cambio climático, es necesario que se tengan en cuenta las consideraciones de los derechos humanos, y específicamente el del agua y saneamiento, tanto en lo que respecta a los criterios normativos como en lo que se refiere a los criterios de transparencia, participación, acceso a la información, rendición de cuentas y sostenibilidad.

En este sentido, conviene resaltar que los Estados tienen obligaciones en relación con los derechos humanos, que necesariamente deben considerar al aplicar políticas de mitigación y adaptación ante el cambio climático; concretamente, y teniendo en cuenta el derecho humano al agua y al saneamiento, las obligaciones de los Estados se concretan en (Naciones Unidas, 2002):

- Respetar el disfrute del derecho en otros países, evitando interferencias que afecten al acceso a los servicios e impidiendo que sus ciudadanos y empresas violen el derecho al agua potable y al saneamiento de las personas y comunidades de otros países
- Proteger, dentro de su jurisdicción, a las personas contra las violaciones del derecho al agua por terceros. En este sentido, deberá, entre otros aspectos, promulgar o hacer cumplir leyes que tengan por objeto evitar la contaminación y la extracción no equitativa del agua, regular y controlar eficazmente los servicios de suministro de agua y proteger los sistemas de distribución de abastecimiento y saneamiento de la injerencia indebida, el daño y la destrucción
- Cumplir con todas las medidas necesarias para garantizar el disfrute del derecho; en este sentido deberá, entre otros, adoptar o ejecutar una política nacional sobre el agua encaminada a garantizar a todos el derecho al agua, asignando los fondos necesarios, vigilando sistemáticamente el grado de realización del derecho al agua a nivel nacional, adoptando medidas contra la distribución no equitativa de las instalaciones y los servicios de agua y garantizando que todos disfruten del derecho al agua en el nivel mínimo indispensable.

Teniendo en cuenta lo anterior, es evidente que cuando los Estados comprometan o impulsen políticas o medidas concretas contra el cambio climático -sean de mitigación o de adaptación-, deben necesariamente asumir las obligaciones que son consustanciales con el derecho humano al agua y al saneamiento.

Acciones de mitigación

Es necesario que los Estados evalúen los impactos que, sobre los derechos humanos, acarrearán las políticas o medidas de mitigación que adopten, tanto las que se refieren al mercado del carbono como a los mecanismos de desarrollo limpio; es de resaltar, por ejemplo, el potencial impacto negativo que puede suponer el impulso indiscriminado del cultivo y utilización de agrocombustibles en la seguridad alimentaria y en el derecho humano al agua y al de la alimentación.

Los Estados deberían tener en cuenta los efectos extraterritoriales de las medidas que adopten, toda vez que podrían conculcar el derecho humano al agua en la medida que omitan su obligación de respetarlo.

Planes de adaptación

Con objeto de facilitar la adaptación al cambio climático, las Naciones Unidas propugnan la redacción de Planes de Adaptación Nacional, especialmente en los países en desarrollo; desde 2001 son muchos los países que han redactado estos planes que, sin embargo, no tienen en cuenta, de una forma integral, las relaciones entre el agua y el cambio climático. Por otra parte, y en la medida en que los planes nacionales de recursos hídricos, por lo general, no contemplan, al menos hasta ahora, al cambio climático, surge la necesidad de que los planes de adaptación deberían afrontar esta realidad y, consecuentemente, el reconocimiento del derecho al agua. En este sentido, la Relatora Especial para el derecho humano al agua y al saneamiento propone que los planes de adaptación recojan los aspectos siguientes¹¹:

- Los Estados deberían basar sus medidas de adaptación, y sus Planes de Adaptación, en el reconocimiento expreso del derecho humano al agua y al saneamiento
- Se deberían considerar objetivos de acceso universal al agua y al saneamiento
- Los planes sectoriales y las estrategias deberían establecer las dotaciones mínimas de abastecimiento y el número mínimo de los servicios de saneamiento
- Los objetivos de acceso deberían priorizar las dotaciones de los servicios en las escuelas e instalaciones de salud
- Se deberían establecer objetivos regionales de acceso a los servicios, con especial atención a las regiones más desfavorecidas
- Los Estados deberían favorecer, en sus políticas e instrumentos de planificación de la adaptación, la consideración de género, en atención a su posición central en las intervenciones de agua
- En el contexto de las estrategias nacionales de adaptación, los Estados deberían prever actividades de concienciación e información que promuevan el uso adecuado de los servicios de abastecimiento y saneamiento

Atendiendo a las estrechas relaciones que existen entre el agua y la adaptación al cambio climático, los Planes de Adaptación deberán cumplir con los criterios fundamentales del derecho humano y concretamente con las exigencias relativas a la rendición de cuentas y la transparencia.

REFERENCIAS

Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). *Climate change and water. Technical paper VI*. 2008.

Naciones Unidas. E/C.12/2002/11.20. *Observación general N° 15 (2002). El derecho al agua (artículos 11 y 12 del Pacto Internacional de Derechos Económicos, Sociales y Culturales)*. Comité de Derechos Económicos, Sociales y Culturales. Naciones Unidas. 2002.

Naciones Unidas. A/HRC/12/24. *Informe de la Experta independiente sobre la cuestión de las obligaciones de derechos humanos relacionadas con el acceso al agua potable y el saneamiento. Derecho al saneamiento*. 2009.

Naciones Unidas. A/HRC/15/31/Add.1. *Informe de la Experta independiente sobre la cuestión de las obligaciones de derechos humanos relacionadas con el acceso al agua potable y el saneamiento, Catarina de Albuquerque Adición. Informe sobre la marcha de los trabajos de recopilación de buenas prácticas*. 2010.

¹¹ Ver el posicionamiento sobre el derecho humano al agua y el cambio climático de la entonces Experta Independiente en el documento *Climate Change and the Human Rights to Water and Sanitation*, accesible en <http://www.ohchr.org/EN/Issues/WaterAndSanitation/SRWater/Pages/SRWaterIndex.aspx>



Canal
ENTORNO



FUNDACIÓN CANAL

**Mateo Inurria, 2
28036 Madrid**

www.fundacioncanal.com



**¡Síguenos!
#foroaguaFC**