

EL AGUA URBANA EN EL SIGLO XXI: FUTUROS PROBLEMAS Y POSIBLES SOLUCIONES¹

Manuel Ramón Llamas Madurga.

Dr. Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos.

Catedrático de Geodinámica de la Universidad Complutense de Madrid.

RESUMEN

Los principales problemas actuales y futuros que plantea el agua urbana en su doble faceta de suministro de agua potable y del saneamiento y tratamiento de las aguas usadas son descritos en este artículo. En los países industrializados el suministro de agua potable urbana no plantea, en general, especiales problemas, a pesar de que todavía suele predominar una cultura de despilfarro de agua y de gestión poco eficiente. El hecho anómalo de que 8 millones de españoles tuvieran restricciones de agua urbana en 1995 se debe, principalmente, a esa deficiente gestión del agua urbana. El problema de la contaminación de los ríos, lagos y costas por el vertido de aguas residuales urbanas ya ha sido resuelto en algunos países industrializados y se podría resolver fácilmente en los demás si se extiende la cultura y la ética del agua de que "el que contamina, paga". El problema de la contaminación de los acuíferos, que es realmente importante, está todavía sin resolver.

Los problemas actuales y futuros de agua urbana en las grandes megápolis y en las zonas rurales del Tercer Mundo son muy serios, especialmente en las grandes megápolis que no dejan de crecer. Estos problemas tienen solución si los países industrializados deciden ayudar no sólo mediante la transferencia de la tecnología adecuada sino, también, difundiendo la nueva cultura y ética del agua que debe pasar de una gestión de la oferta (mediante grandes obras hidráulicas) a una gestión de la demanda (reduciendo el despilfarro de agua).

Los problemas del agua urbana no pueden tratarse de modo independiente de los problemas del regadío, que es el gran consumidor de agua con un enorme margen con los países semiáridos como España.

ABSTRACT

The significant current problems and future threats in urban water -potable water supply, sanitation ADN treatment of waste water- are analyzed. In industrialized countries, urban potable water supply does not usually show significant problems, although a wasteful culture in water management is predominant everywhere. The water shortages that suffered 8 million Spaniards during 1995 summer were mainly caused by typical water mismanagement. Rivers, laks and coastal water pollution by sewage or industrial effluents has been successfully solved in a few industrialized countries and could be also easily solved in all the industrialized countries if the principle "polluter pays" is really applied. Groundwater pollution, a really important problem, has not been properly solved yet.

In the Third World, the current and future problems in potable water supply and sanitation are really serious, mainly in the ever increasing megapolis and in the rural zones. These problems may be solved if industialized countries decide to help developing countries not only by transferring technology and finantial aid, but also by spreading the new water ethics and culture. More emphasis should be placed in demand management than in supply management.

In semi-arid countries, urban water problems should not be dealt independently of irrigation water problems because the latter use represent usually 80-90% of the total water use.

Se admiten
comentarios a este
artículo, que deberán
ser remitidos a la
Redacción de la ROP
antes del 30 de
diciembre de 1996.

Recibido en ROP:
agosto de 1996

INTRODUCCIÓN

Me siento muy honrado por esta invitación que me permite participar en este "foro de excelencia" promovido por el "Mouvement International de la Responsabilité Scientifique". Personalmente estoy convencido de que la más apremiante necesidad para proporcionar agua sana y suficiente a toda la humanidad ahora, y en un futuro próximo, es el fomento de la cultura y de la ética del agua. Deseo que esta reunión, que está penetrada por el concepto de la responsabilidad científica, pueda llegar a ser una contribución significativa para alcanzar ese objetivo.

El agua es un elemento crucial para la salud humana y para muchas actividades económicas, pero también es un factor crucial para la salud de la naturaleza. Los problemas en relación con los usos del agua y las soluciones adecuadas para resolver esos problemas suelen ser notablemente complejos y varían notablemente de región a región, de acuerdo no sólo con sus respectivas condiciones climáticas y geológicas, sino también con su marco cultural, administrativo y legal y con el tipo de uso del agua. Por ello, con el fin de ser prácticos, me ha parecido una decisión acertada el limitar el tema de este Simposio a las cuestiones relacionadas con el agua potable. Los usos urbanos del agua son, por lo general, sólo una pequeña fracción de los usos totales del agua (cf. Gleick, 1993; van der Leeden, 1990). Ahora bien, los problemas relacionados con el agua urbana son los más importantes desde un punto de vista político y moral. En el año 2000 se estima que la mitad de la población mundial estará viviendo en grandes zonas urbanas.

El tercer "Día Mundial del Agua", establecido por la Organización de las Naciones Unidas, ha sido celebrado el pasado día 22 de marzo. El tema de 1996, "Agua para las Ciudades Sedientas", pone de relieve los crecientes problemas hídricos que encuentran las ciudades en todo el mundo pero, especialmente, en las megápolis de los países en desarrollo. Las actividades promovidas con motivo del Tercer Día Mundial del Agua se espera que hagan llegar un mensaje clamoroso a la próxima "Cumbre de Ciudades" dentro de la Segunda Conferencia sobre Asentamientos Humanos (Habitat II) de las Naciones Unidas que tendrá lugar en Estambul en junio de 1996.

Los funcionarios de la ONU han considerado que los cinco temas-clave siguientes resaltan los desafíos principales que afrontan las "ciudades sedientas" del mundo: 1) el agua es para todos: pobres y ricos; 2) ¿cuál es el coste de un cubo de agua?; 3) las ciudades pueden parar el despilfarro de agua; 4) fomentar la participación social en la gestión del agua, y 5) ahorrar agua para el futuro (ver Water News letter del International Water and Sanitation Center, La Haya, febrero 1996). Todos estos temas-clave serán tratados en esta ponencia.

Probablemente, la mayor parte de nosotros consideramos que los recursos hídricos constituyen un patrimonio o herencia común que pertenece a toda la humanidad y que no debería

ser usada -o abusada- por los individuos o por los grupos sociales sin tener en cuenta los efectos de tal uso sobre las generaciones presentes y futuras. Las opiniones sobre los mejores modos prácticos de gestionar este precioso recurso cubren una amplia gama: desde filosofías ultraliberales a teorías orwelliano-marxistas.

Estoy de acuerdo con Falkenmark y Lindh (1993, pág. 81) en reconocer las dificultades básicas que presenta el análisis del papel del agua en el desarrollo socio-económico pero, en mi opinión, no hay ninguna evidencia científica para pensar que la escasez de recursos hídricos o su contaminación será un serio problema para la humanidad en un futuro próximo si se ponen en práctica por parte de los países industrializados, algunas acciones, perfectamente asequibles, para ayudar a los países en vías de desarrollo.

FINALIDAD Y ALCANCE

He entendido que una finalidad de esta reunión es contribuir a difundir la ya mencionada cultura y ética del agua. Posiblemente la mayor parte de nosotros está principalmente preocupado por los problemas hídricos en algunos países en vías de desarrollo en los que las carencias de agua potable y saneamiento son realmente escandalosos. Sin embargo, trataré de evitar en mi ponencia cualquier aroma de catastrofismo. Los países ricos tienen la obligación moral de ayudar a los países pobres, principalmente por medio de asistencia técnica y económica, pero sin olvidar que estamos tratando siempre con seres humanos. Estoy convencido que el sistema propuesto por Schumacher en su libro "Small is beautiful" es todavía básicamente válido (Schumacher, 1973). La exageración, las profecías de desastres apocalípticos y la difusión interesada de "hidrómitos", más pronto o más tarde son perjudiciales y conducen a la pérdida de credibilidad de la comunidad científica en general y no sólo a la del grupo más o menos limitado que difunde esas exageraciones.

A modo de ejemplo de esas actitudes exageradas voy a resumir, de acuerdo con la versión dada en el New York Times Magazine (2 december, 1990), la discusión sobre la escasez de recursos y el crecimiento de la población que tuvo lugar hace ya casi tres lustros entre dos conocidos científicos americanos. En 1980, Simon, profesor de Economía y autor del libro "Population Matters" hizo una apuesta con Ehrlich, profesor de Zoología y autor del libro "Population Bomb", para demostrar que los recursos no estaban haciéndose cada vez más escasos. La apuesta se basaba en la selección de unos recursos por un valor de 1000 dólares. La elección de los recursos y el plazo de tiempo fue dejado al criterio de Ehrlich. Si los precios subían en términos reales, sería una indicación de escasez; si bajaban, sería una indicación de mayor disponibilidad de esos recursos. Ehrlich escogió como materias indicativas de futura escasez los cinco metales siguientes: cobre, níquel, cromo,

estaño y turgsteno, y un plazo de diez años. El plazo expiró a finales de 1990 y en aquellas fechas el valor inicial de 1000 dólares se había reducido a 423,93 dólares. Ehrlich envió a Simon un cheque por la diferencia. Simon contestó a Ehrlich que le gustaría volver a hacer la apuesta aumentada a 20.000 dólares sobre cualquier otro grupo de recursos y referidos a cualquier otro año futuro; Ehrlich no aceptó la nueva apuesta de Simon, pero no por ello parece haber abandonado sus axiomas catastrofistas, que ahora parece haber extendido al agua (cf. Postel et al., 1996).

Probablemente la mayor parte de nosotros está de acuerdo con Gleick (1993, pág. 118) que la calidad de los datos sobre el agua en la mayor parte de los países del mundo, incluidos los de muchas naciones europeas, es realmente deficiente. Si a esto añadimos la intrínseca variabilidad de los procesos hidrológicos, un científico responsable debe ser prudente en sus declaraciones con el fin de no presentar al gran público como conclusiones seguras aquellas que se basan en una información que sólo tiene una ilusoria precisión.

En mi ponencia me referiré, de vez en cuando, a los problemas del agua en España. Esto se debe no sólo a que es el país que conozco mejor, sino también a que España es el país más árido pero no el más desarrollado económicamente en Europa. España está utilizando ahora el 40% de todos sus recursos anuales renovables de agua. Esta proporción es el doble que la del conjunto de los países europeos. Por otra parte, en los últimos cuatro años gran parte de España a sufrido una severa sequía que ha puesto de manifiesto algunos fallos en nuestra gestión del agua. En muchos aspectos los problemas hídricos de España se sitúan en una posición intermedia entre la de los Estados occidentales de los EEUU y la de los países semiáridos poco industrializados.

PROBLEMAS O AMENAZAS SIGNIFICATIVAS EN EL ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE

ESCASEZ DE AGUA URBANA

Las sequías prolongadas han sido siempre consideradas como un ejemplo típico de riesgo o catástrofe natural. El auténtico problema en esas sequías suele ser la escasez de alimentos más que la escasez de agua para beber; obviamente esta escasez de alimentos se debe a la pobreza de las cosechas a causa de la falta de lluvia. Los datos históricos de hambrunas debidas a sequías son muy antiguos. En la civilización occidental judeo-cristiana es bien conocida la hambruna que tuvo lugar en Egipto hace unos treinta y cinco siglos (cf. Géne-

sis, 41). Para resolver el problema, el israelita José aconsejó al Faraón almacenar trigo durante los períodos húmedos (las siete vacas gordas del sueño del Faraón). Ese trigo sería utilizado durante los períodos secos (las siete vacas flacas del sueño del Faraón).

La población mundial actual es probablemente casi dos órdenes de magnitud superior a la población mundial en los tiempos bíblicos. A pesar de este notable aumento de población, en la última parte de nuestro siglo las hambrunas no son propiamente un desastre natural, sino un problema moral o político causado principalmente por guerras racistas o tribales o por otros conflictos políticos. La relativamente reciente hambruna en el NE de África es un ejemplo típico. Esta casi total desaparición de las hambrunas ha sido posible gracias al fabuloso desarrollo de la tecnología agrícola en este siglo.

En las zonas urbanas y rurales el desarrollo de los abastecimientos de agua potable y de saneamiento han sido importantísimos factores del espectacular aumento en la esperanza de vida humana que también se ha producido en este siglo. Sin embargo, este gran logro apenas ha llegado todavía a cierto número de países en vías de desarrollo. Según Gleick (1993), en 1990 en los países en desarrollo 1.200 millones de personas no tenían acceso al agua potable y 1.700 millones no tenían sistema de saneamiento. Sin duda, es una situación lamentable, que debe ser corregida. No obstante, hay que decir que la situación en 1990 indicaba una cierta mejoría en relación con la situación correspondiente a 1980.

Las restricciones de agua potable pueden ocurrir de tarde en tarde en países europeos. Por ejemplo, durante el verano de 1995, más de ocho millones de españoles (20% de la población) padecieron restricciones de agua urbana. Esta situación fue catalizada por una sequía severa pero su causa principal fue simple y llanamente una mala gestión del agua urbana: principalmente el escaso uso de las aguas subterráneas, las malas condiciones de las redes de distribución de agua urbana y unas tarifas del agua excesivamente bajas (Llamas, 1995).

A lo largo de la última década se ha convertido en una especie de axioma o dato indiscutible que la cantidad mínima de recursos hídricos anuales por persona debe ser de 1.000 m³. Si no se llega a esta cifra, casi de modo automático son de prever todo tipo de problemas en los correspondientes países o regiones (cf. Engelman et LeRoy, 1993, pág. 19; Gleick, 1993, pág. 105). Es comprensible que muchos geógrafos, periodistas, planificadores y otros profesionales, consideren oportuno tener algún tipo de cifra de referencia para hacer comparaciones entre distintas regiones sobre su situación hidrológica. Ahora bien, esta utilidad pedagógica puede inducir en ocasiones a presentar panoramas de futuros apocalípticos

Un científico responsable debe ser prudente en sus declaraciones con el fin de no presentar al gran público como conclusiones seguras aquellas que se basan en una información que sólo tiene una ilusoria precisión



que luego quedan muy lejos de la realidad. De hecho, algunos países que están ya claramente por debajo de la "cifra sagrada" de 1.000 m³/persona y año son realmente países altamente desarrollados. Por ejemplo, Malta, Kuwait, Arabia Saudita e Israel. En España, por ejemplo, las Cuencas Internas de Cataluña están ampliamente por debajo de la "cifra sagrada" desde hace decenios. Obviamente, la gestión del agua en los países citados es muy distinta que la de los países con abundancia de agua como Irlanda o Canadá. Como Falkenmark y Lindh (1993) recuerdan: "la escasez de agua puede ser resuelta mediante el acceso a otros factores fundamentales del desarrollo: conocimiento, energía y dinero".

Recordemos que el uso anual de agua en la mayor parte de las ciudades del mundo desarrollado es menos de 100 m³/persona. Repetimos una vez más que este uso del agua, en la mayor parte de las ciudades del mundo, se hace con los tradicionales métodos despilfarradores (sin contadores, tarifas bajas, importantes pérdidas en las redes de distribución, sin jardinería xérica ("xeriscaping"), sin aparatos domésticos diseñados para dar el mismo servicio con menos uso de agua, etc.). En pocas palabras, el despilfarro de agua es la situación usual en la gran mayoría de las ciudades del mundo y, por supuesto, en la casi totalidad de las ciudades españolas.

DEGRADACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA

La contaminación de las aguas y/o la eutrofización de los lagos y embalses fueron algunos de los factores que desencadenaron el movimiento ecológico en la década de los sesenta. Desde entonces, algunos países han puesto en práctica con éxito acciones que han conducido a una gran mejoría en la salud de los ríos y lagos. La limpieza del río Támesis es ya un ejemplo clásico. Hace pocas décadas este río aguas abajo de Londres era prácticamente una cloaca y ahora los salmones vuelven a pasar delante de la Torre de Londres nadando aguas arriba hacia Oxford.

Easterbrook (1995, págs. 628-30) menciona algunos ejemplos representativos de la evolución en los últimos años y considera que la "Era de la Contaminación" puede terminar mucho antes de lo esperado; en lo que se refiere al agua, la "Era de la Contaminación" ya ha entrado en franco retroceso. A continuación se reproducen algunos ejemplos tomados de este autor.

▼ 1) "Desde 1992 todas las aguas residuales urbanas generadas en los EEUU son tratadas y, por lo general, hasta un nivel adecuado para hacerlas aptas para el baño. En Eu-

ropa Occidental el 72% de las aguas residuales es tratada. En los países mediterráneos este porcentaje se reduce al 33% y sólo al 10% en los del Caribe. En el resto del mundo, incluido el antiguo bloque Soviético, sólo se trata del orden del 2%".

▼ 2) "En 1975 el 36% de los ríos de los EEUU no cumplían la normativa de la Agencia de Protección del Medio Ambiente sobre bacterias fecales coliformes, un índice importante de contaminación. En 1989 sólo no cumplían esa normativa el 20% de los ríos".

▼ 3) "En los EEUU el deterioro de aquellos ríos todavía limpios o naturales a causa de nuevas acciones contaminantes ha cesado prácticamente; en cambio, aumentan constantemente los kilómetros de ríos declarados legalmente intocables. De acuerdo con la Ley de Ríos Naturales y Escénicos, tramos de 148 ríos naturales están ahora declarados en situación de reserva o conservación y cada año el Congreso de los EEUU añade unos 1.500 km más de tramos fluviales dentro de este programa".

Sin embargo, la situación en la mayor parte de los países no es todavía tan positiva. Por ejemplo, en España una tercera parte de nuestros tramos fluviales están seriamente contaminados. La Comisión de la Unión Europea promulgó la Directiva 91/271 que establece la obligación de que en el año 2005 toda ciudad con más de 2000 habitantes equivalentes disponga de una planta de tratamiento de sus aguas residuales. La puesta en práctica efectiva de esta Directiva mejoraría drásticamente la salud de la mayor parte de los ríos y lagos de España y de otros países de Europa Occidental; ahora bien, no parece muy claro que la puesta en marcha de esa Directiva sea la adecuada, al menos en España.

En la mayor parte de los países industrializados, los recursos hídricos subterráneos proporcionan más de la mitad del agua de abastecimiento urbano (cf. Margat 1990, van der Leeden et al., 1990). El agua subterránea era, por lo general, considerada un recurso protegido de modo natural ante la contaminación. Desde hace dos o tres décadas es bien conocido que los acuíferos pueden ser también vulnerables por las actividades contaminantes puntuales o difusas. La protección de los acuíferos ante la contaminación difusa (especialmente por actividades agrícolas) es un serio problema que está todavía sin resolver adecuadamente. Este es, probablemente, el problema más relevante con el fin de lograr un desarrollo sostenible de los recursos hídricos (ver Custodio, 1993; Llamas, 1991). La protección del agua subterránea está relacionada, principalmente, con la ordenación o gestión del territorio y requiere la acción conjunta y coordinada de distintas Instituciones a nivel nacional, regional y local.

La protección de los acuíferos ante la contaminación difusa (especialmente por actividades agrícolas) es un serio problema que está todavía sin resolver adecuadamente

IMPACTOS ECOLÓGICOS

El agua es la savia de la naturaleza. El movimiento verde o conservacionista que sólo comenzó hace unos tres decenios, ha solido tener una influencia positiva para lograr una mejor gestión de los recursos hídricos. El conocimiento detallado de las complejas relaciones entre el régimen hidrológico y la biología acuática en ríos, lagos, humedales y otros ecosistemas es reciente y hay todavía muchos aspectos que no son suficientemente conocidos (Covich, 1993).

Sin embargo, existen algunos casos bien documentados sobre impactos serios, incluso catastróficos, de algunas obras hidráulicas sobre ecosistemas acuáticos. Quizá el caso más famoso es el de la desecación del Mar Aral causado por un gigantesco trasvase de agua (cf. Gleick, 1993, pág. 6). Un caso

significativo de Europa, aunque a una escala mucho menor, es la degradación de los humedales del Parque Nacional de las Tablas de Daimiel en España. Estos humedales continentales (unos 20 km² de superficie) han quedado prácticamente destruidos a causa del descenso de la superficie freática causado por la extracción de aguas subterráneas para regadío y no para usos urbanos (Llamas, 1992). En estos dos casos el impacto ecológico fue causado por un aprovechamiento de agua para regadío; agua superficial en el caso del Mar Aral y agua subterránea en las Tablas de Daimiel.

Sólo recientemente, el impacto directo de la urbanización del territorio sobre los sistemas acuíferos infrayacentes ha llamado la atención de los hidrólogos y de los ecologistas. La Asociación Internacional de Hidrogeólogos ha convocado en Nottingham (RU) en 1997 el primer Congreso mundial dedicado monográficamente a Hidrogeología Urbana.

LAS GUERRAS DEL AGUA

Según Gleick (1993, pág. 108): "La Historia está llena de ejemplos de confrontaciones o disputas en relación con recursos de agua dulce compartidos, y hay razones para creer que las tensiones en relación con el agua crecerán en tanto en cuanto más gente compita por un volumen fijo de recursos hídricos ya que la subida del nivel de vida aumentará la demanda de agua y los futuros cambios climáticos hacen más problemático el suministro de agua y su calidad".

Estoy de acuerdo con Gleick en que las tensiones sobre el agua pueden aumentar en el futuro si continúa la usual presente mala gestión del agua. Ahora bien, incluso sólo con la Tecnología presente, estos conflictos pueden ser evitados o mitigados en la mayor parte de los casos si se establece una nueva cultura y ética del agua, especialmente en los países pro-

pensos a tales conflictos. El agua puede llegar a ser un factor más del origen de conflictos armados pero, por lo general, no será ni el único ni el principal factor (Lowi, 1993; Beschoner, 1993). Por otra parte, el probable desarrollo tecnológico contribuiría a disminuir estas tensiones en un futuro de no más allá de unos pocos decenios. Me refiero especialmente al abaratamiento de las técnicas de desalación de aguas salobres y al aumento de la productividad agrícola por metro cúbico de agua utilizada. En la revista *The Economist* (december 23, 1995, pág. 57) en un artículo sobre "El Agua en el Oriente Medio" se puede leer: "¿Conducirán a una guerra todas estas características y roces?. Con toda probabilidad, no, incluso aunque se haya puesto de moda sugerir que si hay otra guerra en el Oriente Medio, ésta sería a causa del agua".

Durante la última sequía (1991-1995) los titulares de los medios de comunicación en la península Ibérica han estado frecuentemente ocupados con noticias sobre conflictos hídricos. Hemos tenido "guerras del agua" entre Portugal y España, entre Castilla-La Mancha y Murcia y entre un buen número de Municipios vecinos. Pues bien, como luego veremos, casi sin excepción los principales componentes de tales conflictos han sido emocionales y/o políticos más que propiamente físicos o hidrológicos (Llamas, 1995).

ETIOLOGÍA Y TRATAMIENTO DE LOS PROBLEMAS HÍDRICOS ACTUALES Y/O DE LAS FUTURAS AMENAZAS

ASPECTOS GENERALES

En febrero de 1996, un mes antes de las elecciones generales, un rotativo español publicó los resultados de una encuesta sobre temas de interés político. Una de las preguntas era: ¿qué partido político piensa Vd. que va a resolver mejor los problemas del agua en España? El aspecto más interesante de la respuesta a esta pregunta no es decir cuál fue el partido político mejor puntuado, sino que cerca del 50% de los encuestados respondían NO SABE/NO CONTESTA. Esta era la pregunta con mayor porcentaje de NO SABE/NO CONTESTA entre las doce preguntas diferentes que incluía tal cuestionario. Si tal es la situación de la cultura del agua en el país más árido de Europa y después de una severa sequía de cinco años de duración, es de temer que la situación de la cultura del agua sea todavía peor en otros países con problemas hídricos menos serios y/o con un inferior nivel de vida.

Una mejora general de la cultura del agua mitigaría o curaría bastante de los actuales problemas hídricos. Sin embargo, sería un error dar una especie de ingenuo o "rousseauiano" panorama en el cual todos los problemas hídricos quedarían resueltos cuando se alcanzara una mejor educación del gran público sobre los temas del agua. Una mejor cultura del agua es condición necesaria pero no suficiente. La buena gestión de

los recursos hídricos tiene que basarse en tres pilares: Tecnología, Ética y Estética, que se tratan a continuación.

PROBLEMAS Y SOLUCIONES EN RELACIÓN CON LA TECNOLOGÍA

LAS GRANDES OBRAS HIDRÁULICAS

Hoy día en los países avanzados y democráticos la construcción de grandes obras hidráulicas suele encontrar una fuerte oposición por parte de los grupos "verdes" y por otros grupos sociales; en la práctica, esas grandes obras hidráulicas hoy casi sólo se construyen en países en vías de desarrollo. Hay, al menos, dos modos extremos de interpretar este hecho: 1) en los países desarrollados casi todas las grandes obras hidráulicas viables fueron construidas hace décadas, pero esas grandes obras hidráulicas están todavía pendientes de hacer en los países en vías de desarrollo; 2) los "lobbies" de las grandes empresas constructoras internacionales pueden tener más influencia en los países en vías de desarrollo que, en general, están gobernados por regímenes autoritarios, no democráticos, y más propensos a la corrupción. Con esto no quiero significar que toda gran obra hidráulica sea sinónimo de ineficiencia económica o de corrupción, sino que esas potenciales grandes obras hidráulicas deben ser estudiadas con especial cuidado a causa de su posible impacto negativo desde el punto de vista socio-económico y ecológico.

Es digno de mención el profundo cambio introducido en la política del Bureau of Reclamation de los EEUU en los últimos años. El Bureau es una Agencia federal fundada a principios de este siglo con objeto de colonizar o reclamar amplios territorios federales en los Estados del Oeste de los EEUU, casi todos con un clima semiárido, como el de España. El "Commissioner" del Bureau dijo en un reciente y comentado discurso que "la era de las grandes presas ha pasado" (Beard, 1994). Eastbrook (1995, pág. 630) recuerda que las dos mayores presas propuestas en los EEUU en las décadas recientes, Two Forks en Colorado y Auburn en California, fueron desechadas para conservar zonas ribereñas que eran "habitats" de especies en peligro de extinción.

APROVECHAMIENTO DE AGUAS SUBTERRÁNEAS

Durante la segunda mitad de este siglo, el aprovechamiento de las aguas subterráneas ha aumentado de modo muy rápido. En muchos países semiáridos o áridos el agua subterránea juega un papel principal en la política del agua (Margat, 1990; van der Leeden et al., 1990). Sin embargo, en algunos países, como España, el agua subterránea ha sido un recurso casi olvidado en la planificación del agua (Custodio, 1990).

Con frecuencia los acuíferos han sido aprovechados de modo casi anárquico o poco planificado y principalmente por

los agricultores. Cuando ese aprovechamiento ha sido intenso, principalmente en las regiones áridas o semiáridas, han solido producirse algunos problemas o impactos ecológicos (Custodio, 1993; Margat, 1994; Llamas, 1992). Estos problemas reales han sido magnificados con frecuencia por los partidarios de las grandes obras hidráulicas superficiales (Llamas, 1991 y 1995). Esto ha dado origen en algunos casos a la existencia de una excesiva prudencia en relación con el desarrollo de nuevos aprovechamientos de aguas subterráneas. En algunos países la palabra "sobreexplotación" ha sido utilizada como un arma arrojadiza para parar o reducir casi cualquier tipo de aprovechamiento de aguas subterráneas (Custodio and Dijon, 1991). Sin embargo, hoy la mayor parte de los hidrogeólogos consideran que el problema real en la gestión de los recursos de aguas subterráneas es su contaminación y no su uso intensivo o "sobreexplotación", que cuando existe, puede ser corregida con relativa sencillez y prontitud.

Hoy está claro que los sistemas de aprovechamiento hídricos son más robustos cuando pueden utilizar conjuntamente embalses superficiales y acuíferos; los primeros se utilizan, principalmente, durante los períodos húmedos, y los segundos durante los períodos secos (Margat, 1994). Brumbaugh et al. (1994) del Corps of Engineers de los EEUU, en su análisis sobre las lecciones aprendidas en la sequía de 1987-1992 en California, consideran que la primera lección aprendida en las sequías previas y confirmada en la sequía de 1987-92 es: "el agua subterránea continúa siendo la más efectiva respuesta unitaria contra la sequía".

MITIGACIÓN DE LA CONTAMINACIÓN DEL AGUA POR LAS ACTIVIDADES URBANAS

Como se dijo anteriormente, la contaminación del agua de los ríos y lagos es uno de los problemas actuales más importantes. Esta contaminación ha sido causada, principalmente, por los vertidos líquidos industriales y por las aguas residuales procedentes de los núcleos urbanos.

La tecnología para limpiar los residuos líquidos urbanos e industriales existe desde hace décadas. El coste de su correcta aplicación es asequible en muchos países pero pocos de ellos han aplicado esta tecnología de modo eficaz, como fue previamente mencionado citando a Easterbrook (1995).

En resumen, la tecnología existe, su coste es asequible en la mayor parte de los países si ese coste es transferido a los contaminadores (por lo general, habitantes urbanos o industrias) de acuerdo con el principio "el que contamina, paga". El principal problema puede ser la resistencia de los políticos a transferir esos costes a los ciudadanos porque piensan que el gran público no está todavía dispuesto a pagar la limpieza de sus aguas residuales. De nuevo se trata, pues, de un problema de falta de cultura y ética del agua.

MÉTODOS PARA REDUCIR EL DESPILFARRO DE AGUA

Se ha dicho ya varias veces que suele haber un consenso generalizado de que los recursos hídricos se utilizan de un modo despilfarrador en casi todos los países y casi todos sus usos (abastecimiento urbano, regadío, industria, refrigeración de plantas termoeléctricas y otros). La lucha contra este despilfarro debe ser uno de los principales objetivos de la nueva Ética y Cultura del Agua. Dada la importancia del tema, se vuelve a recordar que esta mala gestión del agua dulce se puede deber a varias causas. Entre las causas más importantes son citadas frecuentemente la falta de tecnología y las bajas tarifas pagadas por los usuarios del agua, principalmente por los regantes. Falkenmark y Lindh (1993, pág. 81) dicen: "Los métodos actuales de riego dan como resultado un tremendo despilfarro de agua a expensas de las necesidades de

agua en otros sectores de las economías nacionales". La denominada "Declaración de Dublín" (UNITED NATIONS, 1992), en la que se resumen las Conclusiones de la Conferencia de Naciones Unidas sobre Agua y Medio Ambiente tenida en Dublín en 1992, también recomendaba a todos los países el ahorro del agua y su consideración como un bien económico y, por tanto, no gratuito.

En casi todos los países durante los últimos decenios, la política del agua de sus gobiernos ha consistido esencialmente en obtener y ofrecer más agua en vez de reducir la demanda a números racionales y realistas. Casi sin excepción, las grandes obras hidráulicas para obtener esos nuevos recursos eran financiados con los presupuestos generales del país y no con dinero procedente de los futuros usuarios de ese nuevo suministro de agua. Así continúa siendo (Febrero 1996) la política del agua del Gobierno español en su propuesta de Plan Hidrológico Nacional de 1993. En esa propuesta, la demanda actual de agua se estima en 20 km³/año de aguas superficiales para el riego de 2,4 millones de hectáreas y algo menos de 5 km³/año de aguas subterráneas para el riego de algo menos de un millón de hectáreas. Resulta, pues, que la dosis media de agua por hectárea en el regadío con aguas subterránea es sólo algo superior que la mitad que la correspondiente dosis en el regadío con aguas superficiales, es decir, con una eficiencia en la utilización del agua muchísimo mayor. Pero lo más interesante del caso es que el valor económico y los puestos de trabajo procedentes de ese millón de hectáreas con aguas subterráneas es superior al procedente de los 2,4 millones de hectáreas con aguas superficiales. En otras palabras, el valor social y económico de cada metro cúbico de aguas subterráneas utilizada para regadío en España es unas cinco veces superior al del metro cúbico de aguas superficiales. La principal razón de esta notable y casi sorprendente diferencia entre la productividad del agua subterránea y la superficial se debe a una mezcla de motivos

**En California
el agua subterránea
continúa siendo la
más efectiva
respuesta unitaria
contra la sequía**

socio-económicos y físicos. En primer lugar, el agua subterránea ha sido desarrollada y financiada principalmente por los agricultores privados, en general, incentivados por el Ministerio de Agricultura. En cambio, los regadíos con aguas superficiales son, o bien riegos tradicionales (un millón de hectáreas) con siglos de antigüedad o bien regadíos promovidos y construidos en los últimos cincuenta años de modo conjunto por los Ministerios de Obras Públicas y de Agricultura y consistentes en grandes zonas regadas a base de grandes estructuras hidráulicas. Los beneficios de esos grandes regadíos estatales, con frecuencia sólo pagan por el agua una pequeña fracción de su coste real incluso algunos de estos regadíos, realizados con dinero público, han resultado un fracaso y actualmente están prácticamente abandonados (Llamas, 1995).

Otra lección interesante aprendida en España durante la discusión del Plan Hidrológico Nacional (PHN) durante la última sequía (1991-95) es que el uso de valores medios interanuales para los recursos y las demandas debe ser considerado sólo como una primera aproximación. El uso de tal simplista aproximación para proponer decisiones importantes sobre la gestión de los recursos hídricos -por ejemplo, los grandes trasvases propuestos en el PHN- para todo el país pueden conducir a grandes equivocaciones.

La reciente actualización del Plan Hidrológico de California supone un avance en este sentido pues considera dos valores medios anuales: los de años normales y los de sequías (California Water Resources Department, 1994).

Desde esta óptica, parece que sería necesario revisar las sugerencias y conclusiones, con matices catastrofistas, hechas por Postel et al. (1996) sobre los problemas que, según estos autores, va a tener la humanidad en un futuro próximo a causa de la escasez mundial de agua. Por ejemplo, esos autores para estimar las necesidades mundiales para el agua de regadío usan unas dosis de 12.000 m³/ha. Como hemos visto que la dosis media de riego en España, país semiárido, es inferior a 8.000 m³/ha Postel et al. (1996) apoyan su elevada dosis de riego en la dosis utilizada (unos 10.000 m³/ha) en el Plan Hidrológico de California para 1990 (California Water Department, 1994). Sin embargo, es bien conocido que la mayor parte de los agricultores de California pagan un precio muy bajo por su agua de riego, que suele proceder de grandes obras hidráulicas pagadas con dinero federal o estatal (ver Falkenmark and Lindh, 1993, pág. 87). Así pues, estos regantes californianos (con aguas superficiales) tienen todavía menos incentivos que sus colegas españoles para utilizar el agua superficial para riego de modo eficiente. También es significativo que la actualización del Plan Hidrológico de California prevé que, desde ahora al año 2020, se va a producir una ligera disminución en la superficie total de regadío. En el mis-

mo período de tiempo se considera que la población californiana aumentará a unos 50 millones de habitantes, es decir, casi duplicará su población de 1990.

En muchos países la eficiencia del regadío con aguas subterráneas suele ser todavía más baja que en California o en España. Por ejemplo, según Abu Zeid (1990), la dosis media de riego en Egipto se sitúa entre 15.000 y 20.000 m³/ha; es decir, más del doble que la dosis media de España que es otro país mediterráneo. Parece obvio que en Egipto la solución no consiste en llevar más agua a los agricultores, sino facilitar la aplicación de una mejor tecnología de riego. Esta es la solución que preconiza desde hace años el Banco Mundial para toda la región Mediterránea y del Medio Oriente.

Parece que también sería conveniente dejar de considerar la cifra de la superficie regada como un índice significativo en

los análisis de recursos hídricos a nivel nacional o regional. Es verdad que la agricultura cumple la función básica de proporcionar alimentos a la humanidad, pero no se debe olvidar que es también una actividad económica. Sería más lógico analizar las toneladas de alimentos o de fibra producidos y su valor monetario y no poner el énfasis en la superficie regada y en el agua utilizada, especialmente si se riega con claras "sobre-dosis", como en Egipto y en otros muchos países.

**Los beneficios
de esos grandes
regadíos estatales,
con frecuencia sólo
pagan por el agua
una pequeña fracción
de su coste real**

PLANTAS DESALADORAS DE AGUA SALOBRE O MARINA

La tecnología para eliminar sales del agua ha estado mejorando continuamente a lo largo de los tres últimos decenios. El número de plantas desalinizadoras aumenta cada año. Casi el único problema que plantea esta tecnología es su elevado coste. El coste típico para la desalación de agua de mar es del orden de 1 a 2 US\$/m³. Este coste disminuye notablemente si en vez de agua de mar se trata de agua salobre; por ejemplo, puede situarse entre 0,4 y 0,6 US\$/m³ para un agua salobre con 5 ó 6 gr/l de salinidad.

Estos costes indican que las plantas desalinizadoras pueden ser ya una solución viable en un cierto número de casos (zonas costeras en climas áridos o semiáridos con una industria turística importante o con cultivos de alto valor). Posiblemente en los próximos 20 ó 30 años, las plantas desalinizadoras lleguen a ser una solución frecuente para resolver los problemas de agua en zonas costeras de países áridos o semiáridos. Ahora bien, la euforia para el establecimiento de plantas desaladoras que se ha producido en España al final de la última sequía parece tener poca o nula justificación económica, si se compara con las soluciones alternativas consistentes en reducir el despilfarro del agua o en la utilización conjunta de aguas superficiales y subterráneas. Una vez más, el escollo principal aquí es que la construcción de plantas desalinizadoras se plantea en España esencialmente con cargo a los Pre-



supuestos Generales del Estado o de la Comunidad Europea y no con cargo a los beneficiarios de esas plantas desalinizadoras.

LA ÉTICA DEL AGUA

En los párrafos precedentes se ha analizado un conjunto de posibles soluciones técnicas para resolver los problemas actuales o las amenazas futuras en el dominio del abastecimiento de agua urbana. En muchos casos prácticos no suele ser difícil llegar a un consenso entre los ingenieros sobre la mejor solución técnica para resolver un determinado problema.

Ahora bien, las decisiones humanas no se suelen tomar basadas exclusivamente en un razonamiento científico o tecnológico. Las ideas o valores morales o éticos suelen tener un gran peso en la decisión finalmente tomada. Lefrou (1990) considera que la Tecnología del agua es sólo un componente para encontrar la solución adecuada: los problemas del agua,

dice este autor, son principalmente problemas de las ciencias humanas.

Los valores éticos y morales predominantes en cada sociedad están profundamente enraizados en sus tradiciones religiosas, culturales e históricas. Algunos de estos valores son comunes a toda la humanidad, pero no todos. La discusión sobre el contenido de esa lista de valores comunes está abierta pero no es tema de esta comunicación. Desde un punto de vista práctico y en relación con este Simposio, quizá es bueno recordar que no todos los usuales valores de nuestra civilización occidental son comunes a otras civilizaciones. Por ello, las sugerencias o recomendaciones hechas por científicos occidentales deben ser suficientemente flexibles para ser adaptadas al contexto religioso, político y cultura de otras civilizaciones.

Los valores éticos de los científicos o analistas tienen con frecuencia una clara influencia en el enfoque de sus estudios. Por ejemplo, el concepto que sobre la dignidad humana puede tener un judío, un cristiano o un musulmán puede ser muy diferente del que tenga otra persona que, tácita o explícitamente,

te, está de acuerdo con el concepto de sociedad expuesto en "El Mundo Feliz" de A. Huxley, donde los seres humanos son "fabricados en probetas" y cada uno tiene una ética distinta de acuerdo con su tipo de fabricación, desde los alfa a los épsilon. Indudablemente, estos conceptos básicos subyacen en los planteamientos sobre población, desarrollo y gestión del agua de los diversos autores.

Jiménez Herrero (1994), asesor del Ministro español del MOPTMA, considera que el mejor medio para reducir el crecimiento de la población en los países en desarrollo es promover el desarrollo económico y no las campañas pro-aborto; este mismo autor viene a decir que el impacto ambiental causado por un niño nacido en un país industrial equivale al impacto ambiental de cincuenta niños nacidos en algunos países en vías de desarrollo.

En los países de la civilización occidental probablemente la mayor parte de los ciudadanos admite que la Ética del agua debe basarse en tres principios: solidaridad, subsidiariedad y participación. Una aplicación general de estos principios a la ecología y a la gestión de los recursos naturales puede verse en Pérez Adán (1992).

La solidaridad en el uso del agua quiere decir que este recurso debe ser considerado como una herencia común de toda la humanidad presente y futura. Esto no significa necesariamente que toda el agua tenga que ser legalmente declarada de "dominio público" como ha hecho, o más bien ha intentado hacer, la Ley de Aguas española de 1985 (cf. Llamas, 1995).

El principio de subsidiariedad, en cierto modo, está de acuerdo con las ideas del famoso libro de Schumacher (1973) "Lo pequeño es hermoso". En otras palabras, la Administración hidráulica debería ser tan descentralizada, pequeña y local como sea viable pero referida, en cuanto sea posible, a los límites de cada cuenca o subcuenca hidrográfica.

La participación de muy diferentes grupos sociales en la planificación y gestión del agua se ha convertido en una clara necesidad en la mayoría de los países democráticos. Cuando grupos sociales significativos no participan desde el principio en las tareas de planificación y gestión la probabilidad de fracaso es grande. Entre esos grupos sociales cabe mencionar: los funcionarios de los gobiernos locales, regionales y estatales, las empresas de producción de energía, las empresas de abastecimiento de agua urbana, los grupos conservacionistas, las asociaciones de agricultores, los profesionales de las Ciencias del Agua, los políticos elegidos y otros grupos. La tentación de muchos gobernantes de constituir una especie de "Gran Hermano Hidráulico" de tipo orwelliano, que pueda controlar el destino de cada gota de agua del país, puede darse

en muchos países, entre ellos España, y deberían ponerse los medios para que fuera decididamente rechazada (Llamas, 1995). La experiencia indica que las Administraciones Hidráulicas autoritarias y controladoras pueden causar grandes daños ambientales, como el trasvase de los ríos Sirdaria y Amudaria que ha sido la causa de la desecación del Mar de Aral, el mayor desastre ecológico conocido.

Hoy día, como Falkenmark y Lindh (1993, pág. 89) recuerdan: "Es imposible poner la confianza únicamente en soluciones de arriba-abajo (top-down) a los que están acostumbrados la mayor parte de los expertos que trabajan en países subdesarrollados. Por el contrario, las iniciativas nacidas a nivel local de abajo-arriba (bottom-up) deberán ser fomentadas y facilitadas mediante diversos incentivos".

Recientemente, Emel y Roberts (1995) han analizado la eficiencia económica y ambiental de tres tipos diferentes de Instituciones creadas para el control del agua subterránea en el enorme acuífero Ogalalla situado en el centro de los EEUU. Según estos autores, las instituciones que se auto-organizan y consideran el agua como un bien comunal parecen ser más eficientes que las instituciones estatales centralizadas y que las instituciones en las que el agua subterránea es absolutamente una propiedad privada. La experiencia española de las Comunidades de Regantes y del mítico Tribunal de las Aguas de Valencia parece estar de acuerdo con el mencionado estudio sobre la gestión de las aguas subterráneas en el gigantesco acuífero americano de Ogalalla.

**Es imposible
poner la confianza
únicamente en
soluciones de
arriba-abajo
(top-down) a los que
están acostumbrados
la mayor parte
de los expertos
que trabajan
en países
subdesarrollados**

LA ESTÉTICA DEL AGUA

Los conflictos en relación con el agua tienen frecuentemente un componente emotivo o emocional que puede tener una mayor influencia que los factores económicos o éticos. Vamos a ver algunos ejemplos.

Como ya se dijo, en 1993 fue hecha pública la primera propuesta del Plan Hidrológico Nacional de España. Esta propuesta incluía un posible trasvase de 900 millones de metros cúbicos/año desde el río Duero al sureste de España. El río Duero es un río compartidos por España y Portugal, la cuenca alta mucho más extensa está en España; la cuenca baja - mucho más húmeda-, en Portugal. Aproximadamente un tercio del agua que llega a la desembocadura del Duero se produce en el propio Portugal y dos tercios en España. El caudal medio total anual es del orden de 20 km³/año; es decir, la propuesta transferencia de agua desde el Duero al SE de España era sólo del 5% del caudal medio interanual del río. Sin embargo, en 1995 en los titulares de uno de los principales periódicos de Portugal se podía leer "No hay suficiente dinero en España pa-

ra pagar el agua del Duero". La oposición portuguesa al Plan Hidrológico Nacional español, considerado como una amenaza para el futuro económico y medioambiental de Portugal, ha sido un tema importante en los programas de todos los partidos políticos en las elecciones generales portuguesas del otoño de 1995. A esto hay que añadir que Portugal es el segundo país de la Unión Europea en dotación de agua por persona: unos 6.000 m³ por habitante y año.

Este importante y frecuente componente emocional en los conflictos del agua quizá se deba al papel crucial que juega el agua en los procesos biológicos, en la evolución geomorfológica de la tierra y en el valor estético de muchos paisajes. El notable eco que suelen tener en los medios de comunicación las reclamaciones y protestas -a veces poco razonadas- de algunos grupos "verdes" posiblemente se debe a que el amor a la naturaleza (y al agua) es un valor profundamente enraizado en la mayor parte de las personas.

La ignorancia o el desprecio del valor estético que el agua tiene para el gran público ha "empantanado" o cancelado grandes obras hidráulicas en no pocos países, entre ellos, los EEUU y España.

En resumen, aunque el agua es un bien económico, sería un error asumir que se puede y debe mercadear como si fuera un simple producto industrial o un alimento. El agua es también la savia de la naturaleza y tiene un valor estético y emocional que ningún ordenador puede calcular.

CONCLUSIONES

En los países industrializados hay todavía problemas actuales y amenazas futuras en lo que se refiere al abastecimiento de agua urbana. Parece claro que la tecnología disponible hoy es suficiente para resolver la mayor parte de esos problemas o amenazas. No obstante, la adecuada aplicación de esa tecnología exige decisiones políticas que, muchas veces, son difíciles de tomar, ya que los políticos, por lo general, sólo toman decisiones que piensan son del agrado de sus electores. Por ello, el principal obstáculo para mejorar o cambiar la usual mala gestión del agua en los países desarrollados es la debilidad de la cultura y de la ética del agua entre el gran público.

En cambio, en los países en vías de desarrollo tanto los problemas del agua urbana como las correspondientes futuras amenazas son serias o muy serias. Ello se debe a la falta de tecnología y también a la posible debilidad de los valores éticos entre sus dirigentes. Por solidaridad, y también por interés propio, los países industrializados deberían ser más eficaces en su ayuda a los países del tercer mundo con el fin de que puedan resolver sus problemas de suministro de agua potable y de saneamiento. La forma específica de poner en práctica esta ayuda puede cambiar en cada caso. Esta ayuda debería facilitar las soluciones de abajo-arriba (bottom-up) y no las de arriba-abajo (top-down).

REFERENCIAS

- Abu Zeid, M.** (1990). "L'Irrigation en Egypte aujourd'hui et dans l'avenir", Cahiers du Movement de la Responsabilite Scientifique, n° 19/20, pp. 93-103.
- Beard, D.** (1994). "Remarks" before the Congress of the International Council on Large Dams, 9 November 1994, Durban South Africa. U.S. Bureau of Reclamation Magazine, december.
- Beschoner, N.** (1993). "Water and Instability in the Middle East", Adelphi-Paper 273, Brassey, London, 82 p.
- Brumbaugh, R. Werik, W., Teitz, W. and Lund, J.** (1994). "Lessons learned from the California Drought (1987-1992). Executive Summary". IWR Report 94-NDS-6. U.S. Army Corps of Engineers, 36 p.
- California Water Resources Department** (1994). California Water Plan Update, Bulletin 160-93.
- Covich, A.P.** (1993). "Water and Ecosystems", in Water in Crisis (Gleick ed.), Oxford University Press, pp. 40-55.
- Custodio, E.** (1990). "Problemes, objectifs et Modalités de Gestion des Eaux Souterraines en Espagne", Colloque L'Eau Souterrain un Patrimoine à gérer en commun - Paris 6-7 novembre 1990, Document du BRGM n° 196, pp. 131-136.
- Custodio, E.** (1993). "Aquifer intensive exploitation and over-exploitation with respect to sustainable development" in Environmental Pollution. European Center for Pollution Research, pp. 509-516.
- Custodio, E. and Dijon, R.** (1991). "Interregional Workshop on Groundwater Overexploitation in Developing Countries". Gran Canaria, Spain, Department of Technical Cooperation for Development, United Nations, Document UN, INT/90/R43, 63 p.
- Easterbrook** (1995). "A moment on Earth", Viking, 745 p.
- Emel, J. and Roberts, R.** (1995). "Institutional form and its effect on environment change: the case of groundwater in the Southern High Plains", Annals of the Association of American Geographers, vol. 85, n° 4, pp. 664-683.
- Engelman, R. and LeRoy, P.** (1993). Sustaining Water. Population and the Future of Renewable Water Supplies. Population Action International, Washington D.C., 56 p.
- Falkenmark M. and Lindh, G.** (1993). "Water and Economic Development" in Water in Crisis (Gleick ed.), Oxford University Press, pp. 80-91.
- Gleick, P.H.** (ed.) (1993). Water in Crisis: A Guide to the World's Fresh Water Resources. Oxford University Press, 473 p.
- Jimenez Herrero, L.M.** (1994). "Desarrollo Global: el mejor anticonceptivo y preservador del Medio Ambiente", Ecosistemas, n° 11, pp. 42-43.
- Lefrou, C.** (1990). "Reflexions relatives aux grands problèmes de l'eau des hommes en l'an 2000". Cahiers du Movement International de la Responsabilité Scientifique, n° 19/20, pp. 209-213.

–**Lowl, M.R.** (1993). Bridging the divide. International Security, vol. 18, nº 1, pp. 113-138.

–**Llams, M.R.** (1991), "The future of groundwater: a forecast of its exploitation and quality compared with past exploitation", Conference "invitée" en XXI Journées de l'Hydraulique (Sophia-Antipolis, 29-31 Janvier, 1991), Les Eaux Souterraines et la Gestion des Eaux, Question IV, pp. IV.2.1.-8.

–**Llams, M.R.** (1992), "A água - escassez ou mau uso?". Coloquio/Ciencias. Revista de Cultura Científica. Fundação Calouste Gulbenkian - Lisboa, Vol. 4, núm. 12, pp. 52-68.

–**Llams, M.R.** (1995). "Las aguas continentales en España: problemas y soluciones". Revista Técnica del Medio Ambiente, Madrid, julio/agosto, pp. 33-45.

–**Margat, J.** (1990). "Les Eaux Souterraines dans le Monde". Report 31 780. Bureau de Recherches Géologiques et Minières. Orleans. France, 42 p.

–**Margat, J.** (1994). "Groundwater Operations and Management", Groundwater Ecology, Academic Press, pp. 505-522.

–**Pérez, Adan** (1992). "El pensamiento ecológico de Juan Pablo II", in "Estudios sobre la Encíclica Centesimus Annus",

–**Aedos-Unión Editorial.** Madrid, pp. 334-350.

–**Postel, S.L., Daily, G.C. and Ehrlich, P.R.** (1996). Human Appropriation of Renewable Fresh Water. Science. vol. 271, pp. 785-788.

–**Schumacher, E.F.** (1973). Small is Beautiful. Harper and Raw, New York.

–**United Nations** (1992). The Dublin Statement and Report of the Conference. World Meteorological Organization, Gèneve, Switzerland, 55 p.

–**Van Der Leeden, F., Troise, F.L. and Todd, P.K.** (1990). The Water Encyclopedia. Lewis Publishers, 808 p. ●

(1) Esta es, con mínimas modificaciones, la versión española de la Conferencia pronunciada en la UNESCO-París el 26 de marzo de 1996, dentro del Simposio "L'Eau et la Vie des Hommes du XXIème Siècle", organizada por el "Mouvement International de la Responsabilité Scientifique et l'Académie de l'Eau".

GERENCIA, DIRECCIÓN DE PROYECTOS

+++

PLANIFICACIÓN Y SEGUIMIENTO DE OBRAS

+++

DISEÑO DE APARCAMIENTOS

+++

Manuel Sobreviela
Ingeniero de Caminos
35 años Director Técnico de COMYLSA, Empresa Constructora

Rey Francisco, 16-3º Derecha
28008 Madrid. Tel.: 542 09 57