Real Sociedad Geográfica

Fundada en 1876

Agua y territorio
La cooperación hídrica en España

www.realsociedadgeografica.com

AGUA Y TERRITORIO

LA COOPERACIÓN HÍDRICA EN ESPAÑA

AGUA Y TERRITORIO

LA COOPERACIÓN HÍDRICA EN ESPAÑA

Mª Asunción Martín Lou y Fernando Arroyo Ilera
Editores

REAL SOCIEDAD GEOGRÁFICA
MADRID 2011

REAL SOCIEDAD GEOGRÁFICA
Secretaría
C/ Monte Esquinza, 41 - 28010 MADRID
Tel. 91 308 24 77 • Fax 91 308 24 78 • e-mail: secretaria@realsociedadgeografica.com

© REAL SOCIEDAD GEOGRÁFICA, 2011
ISBN:978-84-615-5285-6
Depósito Legal: M-46209-2011
Impreso en España - Printed in Spain
Imprime: Mayoral. Isaac Peral, 52 - 28040 Madrid. Tel. 91 543 20 29

PROGRAMA DEL CICLO DE CONFERENCIAS "AGUA Y TERRITORIO LA COOPERACIÓN HÍDRICA EN ESPAÑA"

Jueves 4 de noviembre de 2010. 19,00 horas.

Conferencia inaugural: ***"Agua y cooperación en España".***

D. José María Fluxá Cevá. Ingeniero de Caminos.

España no sabe llover, lo que determina desequilibrios entre zonas e irregularidad de unos años a otros.

Los usos del agua en agricultura, abastecimiento urbano e industria se ven afectados por esta irregularidad, a pesar del gran esfuerzo en infraestructuras realizadas a lo largo del siglo pasado y los efectos ambientales consiguientes.

Tradicionalmente la política del agua ha descansado en la administración pública que, hasta hace pocos años, se ha centrado en actuaciones sobre la oferta y demanda frente a unos usuarios sin casi participación. Pero recientemente se han creado herramientas legales para dar una solución sostenible, humana y ambiental a las crisis hídricas actuales: un auténtico pacto estable en el que todos ganan.

Jueves 11 de noviembre de 2010. 17,30 horas.

"Agua: recurso físico".

Dr. D. Juan José Sanz Donaire. Catedrático. UCM.

Las precipitaciones: problemas en la adquisición de datos y en su tratamiento espacial.

Se planteará cómo se recogen los datos, cómo se elaboran y cuál es su representatividad espacial. Cuando se trabaja en el entorno, esto es, geográficamente, se tienen que presumir y asumir muchas ideas que influyen decisivamente en los resultados finales obtenidos.

Dr. D. Felipe Fernandez García. Catedrático. UAM.

Caracterización del balance hídrico de la Comunidad de Madrid, en distintos escenarios de cambio climático.

Se analizará la influencia de las variaciones térmicas y pluviométricas, previstas en los modelos regionales de simulación, sobre la evapotranspiración y las disponibilidades hídricas en diferentes horizontes temporales.

Moderadora: Dra. Dª María Asunción Martín Lou

Jueves 18 de noviembre de 2010. 17,30 horas.
"Uso del agua: perspectiva histórica".

Dr. D. Joaquín Bosque Maurel. Catedrático. UCM.

El agua Razón de Estado: Un siglo de Regeneracionismo.

La Península Ibérica ha mantenido desde muy antiguo una lucha continua por el uso del agua. La realización de un complicado e inteligente conjunto de obras hidráulicas se ha convertido en un modelo de ordenación para un mundo en el que, el agua, es cada vez un bien más escaso.

Dr. D. Fernando Arroyo Ilera. Catedrático. UAM.

La iniciativa privada y el desarrollo de la industria hidroeléctrica en España. La otra cuestión nacional

Junto a la política de extensión del regadío, promovida por el Estado, se pretende analizar y subrayar el papel que, en este proceso, jugó también la industria privada y las empresas hidroeléctricas.

Moderador: D. Francisco Fluxá Cevá

Jueves 25 de noviembre de 2010. 17,30 horas.
"El agua como recurso económico".

Dr. D. Antonio Alía. Abogado.

Los contratos de cesión de derechos al uso del agua.

Se analizará desde el punto de vista jurídico la regulación vigente de los contratos de cesión de derechos al uso del agua, contenida en los artículos 69 y siguientes de la Ley de Aguas, para extraer conclusiones sobre las posibilidades de generar un mercado de derechos de uso del agua a partir de los mismos.

Dr. D. Tomás Sancho. Ingeniero de Caminos.

La Gestión integrada del Agua

Tras el diagnóstico de la situación actual en lo que se refiere al agua en diferentes partes del mundo, se abordará, de manera específica, la situación particular de España y los retos que hay que afrontar en el actual proceso de planificación hidrológica, al hilo de la Directiva Marco del Agua de la Unión Europea.

Moderador: Juan Iranzo

Clausura del Ciclo: Dr. D. Juan Velarde Fuertes

AUTORES

Dr. D. Antonio Alía
Abogado
antonioalia@helpdec.es

Dr. D. Fernándo Arroyo Ilera
Catedrático. UAM.
fernando.arroyo@uam.es

Dr. D. Joaquín Bosque Maurel
Catedrático. UCM.
secretaria@realsociedadgeografica.com

Dra. Rosa Cañada Torrecilla
Prtofesora Titular. UAM.
rosa.canada@uam.es

Dr. José María Fluxá Cevá
Ingeniero de Caminos
carlets@ciccp.es

Dr. D. Felipe Fernández García
Catedrático. UAM.
vdntghi@ghis.ucm.es

Dra. Encarna Galán Gallego
Profesora Titular. UAM.
encarna.galan@uam.es

Dra. María Asunción Martín Lou
Científico Titular. CSIC.
mariasun.martin@cchs.csic.es

D. Alfredo Millán López
Geógrafo
millan330@msn.com

Dr. D. Tomás Sancho
Ingeniero de Caminos
tsancho@sers.es

Dr. D. Juan José Sanz Donaire
Catedrático. UCM.
jjsanzdo@ghis.ucm.es

Dr. Juan Velarde Fuertes
Economista
secretaria@realsociedadgeografica.com

PRESENTACIÓN

Por
Juan Velarde Fuertes

El desarrollo económico de España, en el ámbito de la Revolución Industrial ha planteado una y otra vez, la cuestión del agua. Basta recordar, sin pretender ser exhaustivo, pero sí en relación con la influencia notable que se deriva de estos escritos, lo que sobre ella dice Lucas Mallada en "Los males de la Patria", o la famosa división en dos Iberias, de Brunhes, o planteamientos intuitivos que, sin embargo, causaron consecuencias importantes, como la obra de Costa. Recordemos lo que sobre ésta se señala en el trabajo de Ortí, "Política hidráulica y cuestión social: orígenes, etapas y significados del regeneracionismo hidráulico de Joaquín Costa", publicado en "Agricultura y Sociedad", en 1984, nº 32. También dentro de la literatura regeneracionista, debe agregarse "La canción del Duero. Arte de hacer naciones y de deshacerlas" de Julio Senador, (Sucesores de Rivadeneyra, 1932). No olvidemos tampoco polémicas como las planteadas en torno a esa obra de Guadalhorce y Lorenzo Pardo que fue la Confederación Sindical Hidrográfica del Ebro por parte de personas vinculadas con Riegos y Fuerzas del Ebro, o sea, con la Canadiense, como Lluis Creus i Vidal, o todo un planteamiento industrial que criticó Carlos Muñoz Linares en su obra, insustituible para comprender una parte de nuestra historia industrial, "El monopolio en la industria eléctrica" (Aguilar, 1954), o las polémicas actuales sobre los trasvases.

La causa es sencilla: la multiplicidad de usos que se pueden derivar del agua, incompatibles mil veces entre sí, Desde el neolítico, el regadío fue su empleo fundamental, pero pronto apareció la energía hidráulica, visible en multitud de molinos. También rápidamente comenzó a utilizarse como un elemento de transporte hasta culminar con la construcción para eso de redes muy amplias de canales y no

digamos como base de la ganadería, para abrevar. Pero la Revolución Industrial –basta recordar la máquina de vapor , vinculó para siempre el agua a la industria, mil veces como un mecanismo indispensable de lavado. Con el descubrimiento de la tecnología adecuada para generar corriente alterna, hizo su aparición la hidroelectricidad de modo poderoso, y al mismo tiempo, esa Revolución Industrial constituyó la base de la creación de grandes núcleos urbanoindustriales y de servicios, consumidores enormes de agua. Más recientemente, surge el agua en relación con el turismo, que desea contemplar ciertos paisajes hidráulicos –pensemos en las cataratas del Niágara como más significativos , y todavía más cerca en el tiempo, la presión de los movimientos ecologistas, también se precipitaron en relación con ríos, lagos, arroyos, fuentes, y sus consecuencias sobre los ecosistemas. En España bastaría citar el caso de Doñana.

Las tensiones que sobre la sociedad se han precipitado, como consecuencia de los mil intereses creados, son bien conocidas. Un político español, Indalecio Prieto, que observaba en el Ministerio de Obras Públicas, esos ramalazos desde sus proyectos, también con Manuel Lorenzo Pardo, llegó a declarar: "El agua emborracha más que el vino". De ahí la necesidad de poner orden alrededor de estas cuestiones desde un punto de vista científico. Una de las línea es la de la "huella hidráulica" de Llamas Madurga, expuesta por este académico en la Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales el 14 de mayo de 2009, en la conferencia "La escasez de agua en España: un problema de fácil solución".

La Real Sociedad Geográfica no podía dejar de aportar una contribución a cuestión tan importante, y tan enlazada con su ámbito de trabajo. Por ello, en unión del Foro del Agua, y con la colaboración del Instituto Geográfico Nacional, del 4 al 25 de noviembre de 2010, desarrolló un ciclo de conferencias bajo el título de "Agua y territorio. La cooperación hídrica en España". De ahí se deriva este libro, porque, como se verá, la altura de sus colaboraciones es tan grande, que no podían sus aportaciones quedar sólo en las manifestaciones orales originales.

La presentación de este ciclo, y la aportación inicial, correspondió a la contrastada autoridad del Dr. Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos, José María Fluxá Ceva. Su aportación se centra, tras señalar las tensiones existentes ya indicadas más arriba, en que, "mientras estas discrepancias se llegan a resolver, para lo que es absolutamente

necesario un Pacto Nacional sobre el Agua, hay que utilizar otro mecanismo, legal desde la ley el año 2000, que es el de transferir agua que haya sido objeto de una concesión de uso privativo, simultáneamente con una compensación económica libremente pactada (con limitaciones) entre el concesionario cedente y el adquiriente, importa mucho la viabilidad jurídica para la viabilidad de estas operaciones, que ya se da afortunadamente en nuestro país… Pero hay una limitación física evidente: no puede realizarse una transacción y transferencia entre concesionarios, si no existe conducto eficaz para poderla realizar". Esta creación de los conductos o acueductos, puede corresponder a la iniciativa privada así como "en su financiación y explotación pública, privada o mixta, si provee los correspondientes costes de transferencia". Naturalmente, por su exigencia altísima de energía, se desdeña el proyecto de desalinizar el agua del mar, que mentes carentes de todo conocimiento, pretendieron llevar adelante en torno a 2004.

Pero, ¿qué sabemos exactamente de nuestra pluviosidad? De ahí la importancia de la aportación del catedrático de Geografía Física de la Universidad Complutense, Juan José Sanz Donaire, "Las precipitaciones: problemas en la adquisición de datos y en su ulterior tratamiento". Su aportación es capital, porque sin rigor no se puede plantear esta cuestión. Los errores estadísticos que Sanz Donaire pone de relieve en relación con multitud de malos empleos de la información de que se dispone, es ciertamente ejemplar. Tras su lectura sobrecoge la ingente cantidad de disparates que justifican la postura inicial del profesor Sanz Donaire: "«culto al dato» mientras no se demuestre lo contrario".

Valiosísima es la aportación histórica que el profesor Bosque Maurel efectúa en su aportación "El agua, razón de Estado. Un siglo de regeneracionismo". Resulta, para siempre, de obligada consulta, si se desea conocer la política hidráulica española, desde el Neolítico al lema "Agua y desarrollo sostenible" de la reciente Exposición Internacional d Zaragoza. No falta nada en este trabajo, sobre todo desde el Plan Gasset de 1902 al Plan Hidrológico Nacional de 2004. La cita, obligada por otro lado, de un párrafo de Pedro Arrojo Agudo sobre "la complejidad de los ecosistemas", muestra de qué modo estos planteamientos frenan un necesario desarrollo económico. Me hacen recordar aquello tan gráfico de Chesterton ante las manifestaciones de los antiviviseccionistas, opuestos a los experimentos por ejemplo con cobayas; "Me apetece ante ellos comenzar a desollar un gato vivo". Y algo de eso es lo que sucede con eso de que el agua es "identidad de

los colectivos y comunidades sociales, valores lúdicos y culturales, valores de vida", frente a la condena como agua para producir.

Todo eso precisaba de un complemento, que se debe a Tomás A. Sancho, Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos y presidente del Comité del Agua del Consejo Mundial de Ingenieros Civiles (WCCE), titulado "La gestión integrada del agua". En él se elimina ese pánico heredomalthusiano de que "no hay agua para todos" en el mundo. Muestra palpablemente "que a día de hoy en la Tierra se está usando, más o menos, el 10% del agua disponible que existe como media en los ríos". Otra cosa es que "hace falta actuar para poner el agua donde y cuando queremos y la necesitamos". De ahí la necesidad de tener en cuenta las crisis alimentarias, las crisis energéticas, las crisis financieras, las consecuencias de un cambio climático y de desastres naturales… Eso se expone para toda la Tierra y, finalmente, para lo que se denomina con acierto, "la singularidad española, incluso frente al resto de los países mediterráneos".

Pero no podía faltar el marco jurídico. Eso ha correspondido a la aportación del letrado Antonio Alia Moral, que en su aportación "Los contratos de cesión de derechos al uso del agua" nos expone a la perfección cómo "la posibilidad legal de generar un mercado de agua en España fue introducido por la Ley 46/1999, de 13 de diciembre, aun manteniendo el carácter demanial de todas las aguas". Se trata de un artículo que se consultará, una y otra vez, en relación con esos "contratos de cesión".

Y luego la proyección de todo esto sobre dos casos concretos. Uno es el trabajo del profesor de la Universidad Autónoma de Madrid, Fernando Arroyo Ilera, "La iniciativa privada y el desarrollo de la industria hidroeléctrica en España. La otra cuestión nacional", que ofrece una valiosa historia de la hidroelectricidad española, acompañada de una bibliografía amplísima e imprescindible para los investigadores. El otro es el trabajo común de Felipe Fernández García, Alfredo Millán López, Encarna Galán Gallego y Rosa Cañada Torrecilla, titulado "Situación actual y proyecciones futuras de las disponibilidades hídricas en la Comunidad de Madrid". Tiene importancia por eso, y también por cómo la información generada se integra en el empleo de los Sistemas de Información Geográfica, cosa que en este artículo se hace a la perfección, por lo que ante los problemas de futuro, y es buena la advertencia, se dice exactamente: "En una región metropolitana como es Madrid, con una demanda de agua creciente

relacionada con el aumento de la población, la escasez puede llegar a ser uno de los principales factores limitantes para su desarrollo futuro y una fuente de conflictos con las comunidades próximas hacia donde se extiende la captación de recursos hídricos".

Por lo señalado se observa que este libro es uno típico del estudio geográfico pero también del económico. Además se hacen excursiones muy oportunas a la historia y a las instituciones jurídicas. Interesa, pues, a todos. Algo que se sitúa al principio del "Informe de la Ley Agraria" de Jovellanos, aquí puede ponerse, como colofón de estas excelentes aportaciones. Se trata de aquello de Horacio: "Aeque pauperibus prodest, locupletibus æque".

Madrid, 14 de marzo de 2011

Juan Velarde Fuertes
Presidente de la Real Sociedad Geográfica

AGUA Y COOPERACIÓN EN ESPAÑA

Por
José María Fluxá Ceva

Agradezco esta invitación honrosa de la Real Sociedad Geográfica para exponer ante Vds. algunas ideas sobre el enfoque de los problemas del agua, con el fin de buscar soluciones desde un enfoque de cooperación entre los usuarios, que somos todos los ciudadanos. Me amparo en su generosidad ante estos planteamientos, para conseguir obtener algunas conclusiones útiles a los demás y que podamos trasladarles, desde el debate que podemos tener a continuación.

Sí parece adecuado que hablemos del agua en esta casa de la geografía. Me recordaba nuestro Presidente, el Prof. D. Juan Velarde, que Lucas Mallada describía a España como un país con un 10 % de rocas enteramente desnudas; 35 % de terrenos muy poco productivos por la excesiva altitud, por la sequedad o por su mala composición; terrenos medianamente productivos, escasos de agua o de condiciones topográficas desventajosas o de composición algún tanto desfavorable, 45 %; terrenos que nos hacen suponer que hemos nacido en un país privilegiado, 45 %.

Parece fundado decir que en España no sabe llover. Y se producen unos desequilibrios territoriales entre el recurso hídrico y las necesidades, que se ha ido paliando en parte, sólo en parte, por las obras hidráulicas construidas: la gran acción del siglo pasado. De ello se habla más adelante en este ciclo de conferencias.

En cifras aproximadas, de los 130 Km^3 de agua que nos aportan las lluvias a la península en un año de pluviosidad media, más de la tercera parte se pueden regular en embalses artificiales que tienen una capacidad conjunta superior a los 50 Km^3. En eso sí somos un país privilegiado. Los consumos de agua se acercan a los 30 Km^3 anuales, de los que las tres cuartas partes van a la agricultura.

A pesar del aporte regulador de las obras realizadas, no se consigue atender un uso ético del recurso hídrico que tenga en cuenta la dignidad humana para el acceso al agua, la transparencia en la gestión y la solidaridad entre los usuarios, para alcanzar las necesidades de todos. El medio y su cuidado debe estar presente en esta gestión ética, al tratarse de un patrimonio de todos y ser clave en un desarrollo sostenible.

Este eso ético del agua sería la esencia de la utopía a cuyo encuentro hay que orientar los esfuerzos de los hombres. En el mundo hay más de 6.500 millones de habitantes. De ellos, más de 1.200 millones no tienen acceso directo al agua dulce: uno cada cinco habitantes. Y más de 4 millones de niños mueren al año por enfermedades de origen hídrico. Estas cifras hablan por si solas de la dignidad humana y la disponibilidad de agua potable. Son exigentes para afrontar esa utopía del uso ético en nuestro propio país, para que podamos proponernos, como ciudadanos del mundo, comprender y resolver los problemas del agua fuera de nosotros.

En España estamos en el lado favorecido del consumo de agua por habitante y día:

500 litros/hab/ día en Estados Unidos,
300 litros/hab/ día en Europa,
200 litros/hab/ día en España y
8 a 10 litros/hab/ día en los países en desarrollo.

Otro factor de la utilización ética del agua es la transparencia en su gestión.

Las crisis son, bien aprovechadas, una buena ocasión para que las personas participen y decidan. Esa es en definitiva la democracia participativa, genuina. Esto es claramente aplicable a la gestión del agua, que en España cuenta además con personas capacitadas, para llevar adelante la gestión con calidad; y todas las recetas apuntan a realizarla en las cuencas hidrográficas de una manera integral. Pero a esta cuestión se va a dedicar otra de las conferencias de este ciclo.

En la crisis actual que sufrimos se necesita un cambio de época; no basta decir que deberíamos entrar en una época de cambios. Con las mismas viejas recetas de relación entre los ciudadanos y con las administraciones públicas no se saldrá bien de las dificultades y no se conseguirán las cambios necesarios. En buena parte, las modificaciones necesarias en la gestión del agua, para hacerla ética, es una crisis de gobernanza. Sólo el comportamiento y educación de los ciudadanos nos ayudarán a salir de ella.

Los mayas, en su manera peculiar de enfocar el transcurso del tiempo, distinguían la cuenta larga de las cuente corta o coyuntura. La cuenta larga abarca horizontes temporales amplios y plantea herramientas estratégicas; mientras que la cuenta corta utiliza más las herramientas tácticas, para conseguir objetivos coyunturales, que nos acerquen a los horizontes pretendidos en la cuenta larga.

El agua y sus problemas es una cuestión de cuenta larga y la solidaridad entre las personas es una de sus herramientas estratégicas. La gestión ética, esencia de la utopía, para hacerse de manera sostenible, precisa hacer presentes los intereses legítimos de los usuarios, planteados con altruismo por ellos mismos. Esto conducirá a la cooperación o, dicho de otra manera, a la existencia de una situación de pactos estables en que todos salen ganando. El altruismo interesado induce la cooperación y la convierte en una herramienta táctica de la coyuntura.

Para centrar las ideas presentaré un caso práctico de actuación, basado en la cooperación, que muestra la existencia de solución para un caso de grave carencia hídrica, agravada cada año que pasa, lo cual produce un deterioro irreversible en la región costera del Mediterráneo. En este caso práctico se cuenta con la existencia de normas legales adecuadas (a ello va a dedicarse otra de las lecciones de este ciclo) y se mantienen los objetivos de desarrollo humano, desarrollo económico y cuidado del medio ambiente, constitutivos del desarrollo sostenible: un horizonte de la cuenta larga del agua. Es importante saber hacia dónde se va; si no, no se llega y todos lo vientos vienen de proa.

Estas consideraciones podrían ser una ocasión de conmemorar el futuro: pensar que los sueños del espíritu crean ocasiones propicias y no sólo monstruos, como se dice de los sueños de la razón.

Vamos a nuestro *caso de estudio*.

Cuando en una región los recursos propios de agua no son suficientes para mantener su desarrollo económico, humano y ambiental de forma durable, deberá, si es posible, buscar esos recursos fuera de su territorio propio, o se verá abocada a un proceso negativo que impedirá su equilibrio en las mismas circunstancias. Naturalmente esa captación de recurso hidráulico en el exterior no debe poner en peligro la sostenibilidad de los territorios ajenos afectados.

En esta situación se encuentra la cuenca del río Segura, situada en varios territorios, fundamentalmente Murcia, en que puede hablarse con propiedad que soportan un déficit permanente de agua.

Murcia ha desarrollado al máximo, de forma sobresaliente, la conservación de recurso con recuperación del agua utilizada y con procesos de ahorro exhaustivo; la gestión del regadío es ejemplar.

Sin embargo, cabe afirmar que sufre una sequía permanente o déficit estructural, que le obliga a utilizar los recursos subterráneos de forma insostenible por su salinización progresiva y agotamiento.

Cuando a esta situación "habitual" de sequía permanente se añade una situación hidrológica de sequía general o local, cosa que ha ocurrido en los años recientes y que se presenta de manera recurrente, las extracciones subterráneas alcanzan los 1000 hm^3 en un año, algo intolerable para su recurso subálveo que acelera su deterioro. Y todo ello coincide con una disminución progresiva de las transferencias del río Tajo, que cada vez encuentra más dificultades políticas, además de las meteorológicas, siempre lejos de sus previsiones de proyecto de transferencia.

En general las sequías meteorológicas actúan como una lupa ante la opinión pública, para mostrar la necesidad de tomar medidas apremiantes ante los problemas de deterioro económico, social y ambiental que se crean. Establecida la unicidad de las aguas superficiales y subterráneas como verdad física y el carácter demonial de las aguas en la Península como naturaleza legal, se ha buscado la solución al problema con trasvases de agua entre cuencas diferentes; en este caso del Tajo y del Ebro. La filosofía en que se han basado estos trasvases ha sido considerar que el agua tomada no tiene coste alguno propio y la cuenca cedente debe recibir unas contraprestaciones por ceder el agua. La forma de estas compensaciones, en el caso Tajo-Segura, definidas por ley, pueden ser diversas como infraestructuras de regadíos, de regulación u otras.

Hoy por hoy, esta filosofía ha encontrado una resistencia creciente, social y política, desde la cuenca cedente, con grandes dificultades o imposibilidad de cumplir el mandato constitucional de compartir los recursos naturales para el desarrollo sostenible de las cuencas receptoras. Así ocurrió con el derogado trasvase del Ebro, con la resistencia de algunas Comunidades de su cuenca, que pretendían eliminarlo o limitarlo, aunque sin renunciar a otras previsiones de infraestructuras a su favor previstas en el Plan Hidrológico Nacional.

Mientas estas discrepancias se llegan a resolver, para lo que es absolutamente necesario un Pacto Nacional sobre el Agua, hay que utilizar otro mecanismo, legal desde la ley del año 2000, que es el de

transferir agua que ya haya sido objeto de una concesión de uso privativo, simultáneamente con una compensación económica libremente pactada (con limitaciones) entre el concesionario cedente y el adquirente. Importa mucho la viabilidad jurídica para la viabilidad de estas operaciones, que ya se da afortunadamente en nuestro país. La compensación económica va directamente al cedente y motiva un interés personal; el recurso hidráulico se transfiere a un uso de mayor valor añadido, con igual o mayor prioridad legal; se aseguran legalmente la no colisión con planes de cuenca, la ausencia o compensación de daños a terceros y la ausencia de daños ambientales.

Con un control constante desde la Administración, las aguas objeto de estas transferencias de derechos están en todo caso destinadas a ser utilizadas, por lo que no podrá recuperarse en promedio más allá de un 20%, por lo que no afectará a caudales mínimos de carácter ambiental; y permite adoptar iniciativas de información pública y de formas de compra: opción de comprar o consideración de "futuros", característicos de un mercado eficaz en la asignación eficiente del agua.

Pero hay una limitación física evidente: no puede realizarse una transacción y transferencia entre concesionarios, si no existe conducto eficaz para poderlo realizar. Todo ello configura una cooperación entre usuarios de transferencias viables que solucionen en buena parte los problemas hídricos del litoral mediterráneo, desde Castellón a Murcia, con posibilidades de acceso de concesionarios de Tajo, Segura, Turia, Júcar y del mismo Ebro. Incluso puede llegar a usarse virtualmente agua del Ródano a coste marginal sustituida por agua del Ebro que dejase de utilizarse, si se realiza en el futuro el trasvase del río Ródano a las cuencas internas de Cataluña. Incluso subsiste la complementariedad del propio trasvase del Ebro, en el caso deseable de su restauración legal.

Cabe la iniciativa privada en el establecimiento de este proyecto y en su financiación y explotación pública, privada o mixta, si provee los correspondientes costes de transferencia.

La otra alternativa a estas trasferencias de aguas entre cuencas es la de la desalinización del agua del mar, pero los costes de operación son muy altos para usos del agua que no sean urbanos y lo único seguro es que en el futuro aún lo será más, por la componente energética.

La cooperación deseada busca paliar e incluso resolver el déficit de agua que existe para atender los usos con valor añadido de concesionarios en regadíos o en abastecimientos, en las regiones mediterráneas entre Castellón y Murcia.

Se basa en adquisiciones de derechos de uso de agua que son transferidos de unos concesionarios a otros, con la supervisión de la Administración pública según contempla la ley.

La realización física de una transferencia de agua, correspondiente a una cesión entre concesionarios puede necesitar una conducción como infraestructura de transporte de origen a destino. Es evidente cuando la toma y la entrega se hacen en cuencas hidrográficas diferentes.

Pero, si puede establecerse una coordinación suficiente mediante una gestión integrada, los transportes pueden ser virtuales, más si se trata de cesiones en la misma cuenca; también frecuentemente si las cuencas son distintas, haciendo coincidir cesiones mutuas entre las cuencas con cronologías compatibles. Es decir, una gestión integral reduciría el consumo energético y los costes de transferencia; al menos en una.

Algunos de los conductos que posibilitan estas transferencias ya existen, como el acueducto Tajo-Segura o están a punto de entrar en servicio, como el del trasvase Júcar-Vinalopó, en un sólo sentido para el agua. Otros tramos no tienen aún infraestructura proyectada como la unión de los ríos de la Confederación del Júcar. La interconexión del Tajo Medio con el acueducto Tajo-Segura sería objeto de un pacto con Extremadura, factible y deseable. Y la unión con el río Ebro quedaría para la reconsideración del trasvase del Ebro, que podría incluir transferencias virtuales desde el Ródano, si se llega a realizar el trasvase de este río hasta cuencas internas de Cataluña.

Las infraestructuras de interconexión deben ser lo más horizontales posible a lo largo de su trayectoria y lo más alto posible aguas arriba en las cuencas que se interconexionan, por un lado por ahorro energético en el trasporte; y, por otro lado, para cubrir desde los puntos de toma y entrega la mayor parte posible de cesiones entre concesionarios. Además, para hacer reversible el sentido del agua entre cuencas, la solución estructural debe ser la tubería a presión.

Características del caso en estudio:

- Inversión productiva.
- Desarrollo flexible en el tiempo.
- Pacto entre Administraciones.
- Viable legalmente.
- Premia la cooperación.
- Sostenible económica, social y ambientalmente.
- Cooperación en la oferta de agua, altruista e interesanda.
- Demanda racional atendida; sujeta a Planes de Cuencas.

Las inversiones necesarias para desarrollar las infraestructuras y para implementar sus instrumentos de gestión sirven finalmente para crear un valor añadido en el uso de cada m^3 de agua cedida por un precio para una utilización más rentable. Como la producción del cedente no baja en promedio ya que sigue utilizando en general su dotación de forma más eficaz, que se estima alrededor de un 80% de su dotación completa, el saldo es la producción nueva con el agua adquirida: empleos nuevos y creación de riqueza por la producción adicionada. *Es una inversión productiva*.

La red de transporte de agua puede tener *una implementación* en sus diferentes tramos de *manera flexible* en el tiempo. Desde el principio, aun dentro de cada cuenca aislada, se produce un aprendizaje, por parte de los usuarios cedentes y adquirientes de la sistemática de contratos de transferencia de derechos de uso del agua concesional y de la utilización de instrumentos de mercado, como la información transparente, la titularidad de los derechos, el uso previsto y la concepción del recurso hídrico como un bien a utilizar con mayor eficacia, como algo comprado o sobre lo que se ejerce una opción de compra.

Al ir desarrollando las infraestructuras de intercambios de cauces se va ampliando el ámbito de transferencias, pero ya desde el inicio se instala un aprendizaje de mayor eficiencia en el uso del recurso hídrico.

La acción descrita es susceptible de recibir un gran impulso político, expresado por un verdadero *Pacto entre las Administraciones General y Autonómica*, pues tiene una clara *viabilidad jurídica* y conduce a una clara mejora en el desarrollo económico, social y ambiental en la zona Mediterránea a la que afecta: Castellón, Valencia, Alicante y Murcia. Es por tanto un *proyecto sostenible*.

El impulso debería abrir un camino claro de participación a la iniciativa privada, que puede legalmente iniciar la solicitud de la concesión de servicios públicos y participar y añadir eficiencia a la construcción de infraestructuras y a la gestión del servicio contemplado en este Proyecto. La solución puede ser mixta: pública y privada.

La *viabilidad jurídica* del proyecto es básica para poder recibir el apoyo político necesario. Queda además claro en el análisis que la idea, disuasoria de cesiones, pero muy extendida entre los concesionarios, de que "agua cedida, agua perdida" queda sin base ante las garantías jurídicas de la ley vigente. Las cesiones de derechos de uso pueden hacerse con total seguridad jurídica de que se está cumpliendo con las obligaciones del concesionario ante la administración.

El proyecto premia la *cooperación*. En el lado del concesionario cedente tendrá un beneficiario directo por "ceder parte de sus derechos de uso" a un precio superior a los costes que le supone la concesión. Pero al mismo tiempo tendrá que esforzarse por no perder su propia productividad con el agua eficaz que le queda, la parte importante que no vende. Deberá hacer mejoras en sus rendimientos incluso con cambios tecnológicos de regadío, teniendo en cuenta además los cambios de la política agraria comunitaria y sus subvenciones cambiantes y decrecientes. En general, en experiencias del tipo de mercado de agua en el mundo (California por ejemplo), parece que con un 20% menos de la dotación de agua que está concedida, se pueden conseguir resultados económicos similares a utilizar el total. Ese 20% puede ser en promedio la cantidad de agua que puede cederse sin sufrir daños económicos al final. Ese esfuerzo de mejora en su propio rendimiento es un espíritu de cooperación que se premia en el planteamiento.

Desde el lado del concesionario adquiriente, *la demanda será racional*, con las limitaciones de uso que le imponga el Plan Hidrológico de Cuenca de su ámbito y con una exigencia de eficiencia en el uso y en la necesaria creación de empleo, para conseguir un valor añadido con su compra. Al establecer esta cooperación con el usuario cedente, también consigue su premio.

La red de acueductos para las transferencias.

La transferencia temporal de derechos de uso de aguas entre concesionarios dan lugar a movimientos del agua, si se producen entre cuencas hidrográficas y no es posible una compensación total o parcial por coincidencia temporal de transferencias en sentido contrario. Podrían así producirse transferencias virtuales entre cedente y adquiriente. Pero para que el resto se pueda realmente realizar, hará falta una conexión hidráulica entre las cuencas que lo permitan.

En cambio, las cesiones dentro de una misma cuenca no lo necesitan en general, pues es consumo de agua concesional cuya utilización esté prevista; pero que se utilizará en la localización del adquiriente, esté aguas arriba o abajo del cedente, ya que procede del mismo cauce.

Alguno de estos tramos son artificiales y ya están construidos, como ocurre en el acueducto del trasvase Tajo-Segura. Otro está a punto de ver acabada su infraestructura: el acueducto de trasvase Júcar-Vinalopó; y dos tramos nuevos, entre Mijares-Turia-Júcar deberían añadirse. Otro tramo artificial previsible, pero no construido es el via-

ducto que conduzca agua entre el Tajo Medio y el acueducto Tajo-Segura. Y finalmente un tramo de cauce natural, el del río Júcar desde Alarcón y los tres tramos de cauces naturales de posibles adquirientes, para transferencias virtuales o desde otra cuenca al Mijares, Turia y Segura, además del propio Júcar, ya mencionado, desde el embalse de Alarcón. En todos los casos se habla de capacidad de transporte de aguas con cesión, destinadas a ser utilizadas, aparte las aguas libres de concesión que puedan pasar por ello.

El acueducto Tajo-Segura sería el adecuado para trasladar, si hidrológicamente es posible desde su cabecera, caudales concesionales que se hubieran cedido entre Buendía y Azután, de lo cual ya hay algún ejemplo reciente, con destino al Segura o a la cuenca del Júcar, si luego se puede distribuir entre Tous y Sitjar, en el Turia y en el Mijares.

La utilización del trasvase Júcar-Vinalopó como parte del Proyecto Aguas del Mediterráneo permitiría introducir por bombeo volúmenes de agua cedida de concesiones del Júcar, ligado a su vez a Turia y Mijares, cuando se aclaren los destinos posibles del agua en su final cerca de Villana, pues en los momentos actuales hay peticiones varias, como por ejemplo llagar hasta Elche con el sistema de Riegos de Levante.

También podrían concebirse transferencias con cesiones temporales desde el Segura a la cuenca del Júcar, si pueden compensarse con caudales del trasvase Tajo-Segura en Alarcón.

En el futuro, el propio acueducto del trasvase del Ebro podría transportar además volúmenes concesionales cedidos por este río. Y, en su caso, con caudales del Ródano sustituyendo tramos del Ebro, siempre que su uso no fuera el regadío.

El embalse de Alarcón será el pivote en el que las aguas del Júcar, Turia o Mijares podrán envirase al Segura, vía acueducto Tajo-Segura, reenviando aportaciones equivalentes del Júcar aguas arriba de Alarcón. Y, viceversa, se pueden enviar aguas de parte de las que vienen del Tajo, por el mismo acueducto, también desde Alarcón, si se da el caso de transferencias desde el Tajo o el Segura hacia el Júcar, el Turia, el Mijares o el Vinalopó.

Demanda de agua.

La demanda de agua que interesa en este caso es la cantidad que pueda ser adquirida en el ámbito de Castellón a Murcia a unos precios que cubran los costes de transferencia y respondan a una necesidad

real, que permita por tanto obtener un valor añadido suficiente. Se trata por tanto de una estimación de la demanda solvente.

Para llegar a ella, se tienen en cuenta varios factores, entre ellos la situación de estrés hídrico en que se encuentra la zona.

En este caso nos centramos en la Región de Murcia y en la Cuenca del río Segura, con la atención puesta en las necesidades agrícolas, que son las que soportan el mayor déficit y están por tanto en situación más crítica. Situación que ha empeorado en la última década, al ver relegado por ahora la aportación del Ebro y reducidas y amenazadas las entregas por el trasvase Tajo-Segura.

A pesar de esta agudización de las condiciones de estrés hídrico, la región ha mejorado su eficiencia en la utilización agrícola del agua, incluso con innovaciones que son un ejemplo estudiado y copiado en países que se han considerado los más avanzados, como Norteamérica o Israel. Actualmente, Murcia utiliza aproximadamente el 3,5% del agua que España utiliza en su agricultura, pero exporta más del 20% de frutas y verduras; con un valor anual superior a los 1.500 M€. No se apoya en las subvenciones de la Política Agraria Comunitaria. Las innovaciones y la gestión dan empleo y cuidan el ambiente; con un resultado: haber reducido un 18% el consumo de agua por habitante, a pesar de que su población ha subido un 12%, en la última década.

Con arreglo a los datos que se están aplicando a la actual revisión del Plan Hidrológico de Cuenca, el déficit estructural de agua, en año de hidraulicidad media, se cifra en unos 700 hm^3. En la cuenca del Segura, la agricultura de regadío consume unos 1.600 hm^3, los abastecimientos 380 hm^3 y la cantidad aplicada a necesidades ambientales se estima en 60 hm^3. Lo cual da un consumo total aproximado de 2.000 hm^3 anuales.

Frente a este consumo, los recursos hídricos de superficie propios llegan a los 370 hm^3/año, se logran recuperar y reutilizar unos 150 hm^3/año, del subálveo se extraen de forma sostenible unos 250 hm^3 y el resto debe proceder de explotación insostenible de agua subterránea, que ha inducido ya un grave deterioro, y de aportaciones externas a la región, como el río Tajo, unos 300 hm^3 actualmente; y el agua del mar desalinizada, 100 hm^3 ahora y que puede llegar a 200 hm^3 en tiempo próximo.

Queda así acotado ese déficit estructural, permanente de 700 hm^3/año. Sin importación de agua desde fuera de la región, el deterioro será progresivo y se llegará a una situación imposible.

En las previsiones del Plan Hidrológico Nacional, destinaba a esta zona un volumen de 315 hm^3, en Murcia, más 200 hm^3 en Alicante.

Total, 515 hm^3, que añadidos a las asignaciones a Valencia y Castellón llegarían a los 760 hm^3 brutos, exclusivamente para mantener sostenible este ámbito territorial, sin dar lugar a nuevos desarrollos agrarios.

Estimación de la demanda solvente por zonas y precios

Castellón	A 0,25 €/m^3	Más de 100 hm^3
Valencia	A 0,25 €/m^3	Más de 100 hm^3
Alicante	A 0,30 €/m^3	Más de 150 hm^3
Murcia	A 0,30 €/m^3	Más de 350 hm^3
Murcia	A 0,60 €/m^3	Más de 100 hm^3

En definitiva, se puede postular una amplitud de la demanda sin satisfacer mayor que 700 hm^3 con precios de adquisición posibles de 0,25 €/m^3 y 0,60 €/m^3. Los valores más altos corresponden a la zona del Segura, más alejada de las fuentes de las cesiones y que permiten cubrir los costes de transferencia algo mayores.

Como los compradores de derechos deben ser concesionarios, sólo hay que añadir a los usuarios individuales o sus comunidades la posible existencia de Bancos de Agua, previstos por la ley para las situaciones de erraticidad hidrológica.

Oferta de agua concedida.

Toda el agua que ha sido objeto de una cesión puede aspirar jurídicamente a ser objeto de contrato de transferencia del derecho de uso a otro concesionario de su mismo u otra cuenca. Pero la propia ley pone limitaciones al ejercicio universal de esa aspiración. Por ejemplo, que el resultado esté dentro de los términos de la planificación hidrológica de cuenca, o que se respeten los derechos de terceros que puedan quedar afectados o el deterioro del ambiente. U otra limitación que justificase la autorización de la operación en los plazos previstos; aunque en este caso habría que dar argumentos para la decisión administrativa.

Pero, aparte las limitaciones legales, la experiencia de lo ocurrido en regiones del mundo en que el mecanismo de transferencia de derechos ha estado operativo por suficiente tiempo, han mostrado unos porcentajes de las aguas de una cuenca que pueden tomarse como límites porcentuales de recurso hídrico habitualmente utilizado en la cuenca cedente, que es el agua objeto de concesiones.

Por la parte inferior, los totales derechos de usos transferidos no son inferiores al 3% ni en épocas especialmente críticas para la hidraulicidad; más bien al contrario, pues cabe esperar mejores ofertas de compra de cesión en estas circunstancias. La información más amplia proviene de California, que hidrológicamente es tan parecida a la Península Ibérica.

El límite máximo del total de transferencias, en porcentaje del agua utilizada, se estima en un 20% del agua concedida en su conjunto. Este es un límite teórico, pues donde ha sido en algún caso superado, como en algún río californiano, se ha acudido a correcciones limitativas por la administración pública.

Para esta estimación máxima de las aguas transferibles, hay que argumentar sobre el agua eficaz y el agua total de una concesión, y postular que, en su conjunto, la producción agrícola de la cuenca no debe verse reducida en el medio plazo. En los usos agrarios es particularmente importante distinguir conceptualmente el agua utilizada (concedida) del agua realmente eficaz en esa utilización, pues el sistema de concesión administrativa puede propiciar una situación de consumo excesivo, ya que no incentiva el ahorro de agua innecesaria.

Este recurso hídrico utilizado en exceso pueda dar lugar a un margen utilizable en transacciones de derechos de uso; incluso sin afectar la propia producción del cedente, como ya se ha dicho. En resumen, la concesión define el caudal que puede usarse, mientras que la estimación de la parte transferible debe reposar en la diferencia con el caudal consuntivo. Se puede precisar algo más sobre cuáles pueden estimarse como caudales liberados: el barbecho, el cambio a cultivos menos sedientos, excedentes por cambios tecnológicos en el regadío, sustitución en su caso de aguas superficiales por subterráneas, uso de aguas recuperadas, reservas disponibles por el usuario y otros ejemplos que pueden mencionarse.

El concepto de agua eficaz o consuntiva, como último paso para estimar el agua transferible, sería la evapotranspiración real de un cultivo más el agua percolada y perdida así para un uso posterior.

La diferencia, en promedio de una cuenca, entre agua usada y agua eficaz se ha estimado en un 20%, para conseguir mantener la producción en cambios tecnológicos de regadío o elección de cosechas; como se ha indicado

En definitiva, el mecanismo de cesiones de derechos de uso y transferencia consiguiente de aguas no produce sólo un valor añadido

en el concesionario adquiriente. También en el cedente induce un beneficio en mejora de la eficacia del uso del agua, para no mermar su propia actividad económica, siempre que se introduzca algunos cambios en sus procedimientos habituales de producción, cuya financiación puede verse facilitada con los recursos económicos que obtienen de su cesión.

Es decir, el modelo de cooperación en las transacciones permite que todos los participantes ganen, que es la condición básica para que los acuerdos o pactos sean duraderos o sostenibles, que todos sientan que salen ganando.

Conviene recordar la larga experiencia, con aire de tradición, que tiene Murcia en hacer tratos; pactos aun con gente que no está en la cuenca del Segura. Una prueba más, desde hace siglos, son "los hombres buenos", árbitros de los regadíos y ahora Patrimonio de la Humanidad, según la UNESCO. Podrían ayudar mucho en la validez de las cesiones de derechos de uso del agua que se plantea: la cooperación en el agua

Estos acuerdos o pactos de transferencias de agua tienen un transfondo de cooperación formado por la conjunción de aspectos solidarios y de intereses legítimos. Se encuentran altruismo e interés, o lo que es lo mismo, cooperación entre los participantes.

La extensión de esta clase de acuerdos será una ocasión más, para que las zonas intervinientes tomando o cediendo aguas, de forma temporal, den un ejemplo vivo de la *cultura de cooperación en el agua*, que resuelve problemas reales al mismo tiempo que el ambiente está defendido. No se olvide que se trata de aguas que en un caso u otro van a ser utilizadas, no constituyen caudales ecológicos en general, y que su utilización será más eficiente.

Estimación de volúmenes máximos disponibles para cesiones entre cuencas hidrográficas.

Confederación	Recurso	Utilizado	20 %	3 %	**Estimación**
TAJO	7.700	4.000	800	120	**400**
SEGURA	1.400	1.400 a 2.500	280 a 500	40 a 75	**100**
JÚCAR	3.600	3.600 a 4.300	700 a 860	100 a 150	**300**
EBRO	18.000	12.000	2.400	360	**1.200**

La red de acueductos para las transferencias.

Las transferencia temporal de derechos de uso de aguas entre concesionarios dan lugar a movimientos del agua, si se producen entre cuencas hidrográficas y no es posible una compensación total o parcial por coincidencia temporal de transferencias en sentido contrario. Podrían así producirse transferencias virtuales entre cedente y adquiriente. Pero para que el resto se pueda realmente realizar, hará falta una conexión hidráulica entre las cuencas que lo permitan.

En cambio, las cesiones dentro de una misma cuenca no lo necesitan en general, pues es consumo de agua concesional cuya utilización esté prevista; pero que se utilizará en la localización del adquiriente, esté aguas arriba o abajo del cedente, ya que procede del mismo cauce.

Alguno de estos tramos son artificiales y ya están consttruidos, como ocurre en el acueducto del trasvase Tajo-Segura. Otro está a punto de ver acabada su infraestructura: el acueducto de trasvase Júcar-Vinalopó; y dos tramos nuevos, entre Mijares-Turia-Júcar deberían añadirse. Otro tramo artificial previsible, pero no construido es el viaducto que conduzca agua entre el Tajo Medio y el acueducto Tajo-Segura. Y finalmente un tramo de cauce natural, el del río Júcar desde Alarcón y los tres tramos de cauces naturales de posibles adquirientes, para transferencias virtuales o desde otra cuenca al Mijares, Turia y Segura, además del propio Júcar, ya mencionado, desde el embalse de Alarcón. En todos los casos se habla de capacidad de transporte de aguas con cesión, destinadas a ser utilizadas, aparte las aguas libres de concesión que puedan pasar por ello.

El acueducto Tajo-Segura sería el adecuado para trasladar, si hidrológicamente es posible desde su cabecera, caudales concesionales que se hubieran cedido entre Buendía y Azután, de lo cual ya hay algún ejemplo reciente, con destino al Segura o a la cuenca del Júcar, si luego se puede distribuir entre Tous y Sitjar, en el Júcar y en el Mijares.

La utilización del trasvase Júcar-Vinalopó como parte del Proyecto Aguas del Mediterráneo permitiría introducir por bombeo volúmenes de agua cedida de concesiones del Júcar, ligado a su vez a Turia y Mijares, cuando se aclaren los destinos posibles del agua en su final cerca de Villena, pues en los momentos actuales hay peticiones varias, como por ejemplo llegar hasta Elche con el sistema de Riegos de Levante.

También podrían concebirse transferencias con cesiones temporales desde el Segura a la cuenca del Júcar, si pueden compensarse con caudales del trasvase Tajo-Segura en Alarcón.

En el futuro, el propio acueducto del trasvase del Ebro podría transportar además volúmenes concesionales cedidos por este río. Y, en su caso, con caudales del Ródano sustituyendo tramos del Ebro, siempre que su uso no fuera el regadío.

Parece que en el caso examinado salen las cuentas; que las cantidades de agua movilizadas podrían paliar, si no resolver, muchos de los problemas de una región con grave estrés hídrico y gran potencial de desarrollo; y que la actividad sostenible analizada podría generar transacciones económicas en el orden de los 250 M€/año, basados en un planteamiento altruista e interesado: es decir, en cooperación.

Además, la práctica de esta cooperación puede abrir el camino para otras transferencias de agua, que no estuviera en su cuenca de origen comprometida por concesiones de uso privativo, siempre que se borrara la idea de cesión "perpetua".

Hay razones para conmemorar la utopía futura, inscrita en la cuenta larga de los mayas, de un uso ético del agua que asimile las incertidumbres del futuro de la energía y del medio ambiente, con cambios seguros pero poco predecibles. La herramienta estratégica de la solidaridad se valdrá de la cooperación para enfocar el comportamiento y las decisiones de los ciudadanos:

Una verdadera cultura de la cooperación en el agua.

LAS PRECIPITACIONES: PROBLEMAS EN LA ADQUISICIÓN DE DATOS Y EN SU ULTERIOR TRATAMIENTO

Por
Juan José Sanz Donaire

Si el agua es uno de los factores condicionantes, y por ende limitantes, de la vida, no sólo se tiene que contabilizar la precipitación. Efectivamente hay más humedad en la naturaleza de la que se mide en los pluviómetros y se registra en los pluviógrafos. ¿Cómo explicar, si no, que en el Sáhara Occidental, en lo que hoy llaman sus habitantes "los territorios liberados", pueda crecer la vegetación, e incluso arborescente, allí donde no se ha medido precipitaciones en años? Está claro que en lugares áridos el ciclo del agua puede completarse sin que midamos eficazmente la precipitación: suele conocerse este tipo de llegada de agua al suelo por "precipitaciones ocultas". Resulta igualmente muy apropiado a un urbanita que viaje a estas latitudes pasar una noche bajo el cielo estrellado, sin que ninguna nube obstaculice el admirable cielo raso. Pero no es tan agradable amanecer casi empapado, porque el relente nocturno ha permitido la condensación, que, al llegar las primeras horas del día, y a tenor de la falta de humedad en la atmósfera, se evaporará de inmediato. Pero a estas peculiaridades, se suman otras propias de las precipitaciones: siempre se miden por defecto. Incluso en áreas donde la precipitación es un fenómeno frecuente, y hasta casi cotidiano, su medida no deja de entrañar ciertas dificultades. A clarificar este aspecto dedicaremos los esfuerzos que siguen.

Pero tampoco el agua tiene una función exclusivamente biológica, para la vida inferior, sino que se debe aplicar a los usos que el hombre hace de ella, y que, con frecuencia, devienen en abusos. Por ello, en la vertiente hidrológica, las aguas son un recurso importante en el proceso de desarrollo del hombre, tanto mayor cuanto más aumenta la

demanda de agua, fruto del crecimiento demográfico y la creciente industrialización de los pueblos, paralela a un incremento en la calidad de vida. Es de destacar el carácter utilitario y práctico, el papel interpretado por la explotación humana del recurso.

En grandes extensiones de los ámbitos mediterráneos y semiáridos, la precipitación presenta una serie de características:

a) Numerosos días (al menos del 50%) sin precipitación; así es preferible trabajar con datos mensuales o anuales, menos variables.

b) Notable variabilidad espacial por fenómenos tormentosos, que poseen una mínima representación areal.

c) Desplazamiento de los sistemas nubosos y las precipitaciones asociadas en trayectorias definidas: el campo no es isótropo.

d) Diferencias en los mecanismos que producen precipitación, con la consiguiente repercusión en las cuantías.

e) Las diferencias están muy afectadas por el valor de la referencia al que se agrega: 5 mm de diferencia cuando el monto es 5 es muy diferente a 5 mm cuando la cuantía es 50: necesidad de relativizar los datos de diferencias (expresarlos en %).

La obtención de los datos

Damos por sentado que los aparatos de medida se han instalado correctamente: la boca en posición horizontal, con buenos anclajes para que el viento no los zarandee, en lugares despejados, con obstáculos controlados (al menos al doble de distancia horizontal que de altura del valladar), con lecturas continuadas, atendidos por personal instruido, etc.

Los pluviómetros, ¿han sido siempre iguales? Claramente podemos afirmar que no: en España hasta comienzos del siglo XX solían medirse las precipitaciones en pluviómetros cuadrados a ras del suelo, mientras que paulatinamente desde esas fechas se ha ido incorporando los pluviómetros Hellmann. Recientemente se los ha reemplazado por los pluviógrafos electrónicos, que suelen medir –y registrar los datos– cada 10 minutos. Podrían programarse para que ofreciesen un mayor número de lecturas, pero el problema del almacenamiento de datos también debe tenerse en cuenta. En numerosas localidades se ha mantenido durante un cierto tiempo series de medidas antiguas síncronas de las nuevas adquisiciones a efectos de poder comparar las unas y las otras (lo que generalmente se realiza mediante un análisis de correla-

ción, expresando el grado de relación mediante el consiguiente coeficiente de correlación o de determinación).

Las tomas de datos, ¿también son semejantes de tal modo que se puede confiar en series largas? Por lo general para España la hora de lectura de los pluviómetros totalizadores diarios ha sido las 9 de la mañana, aunque, como se tendrá ocasión de comentar más tarde, otras fuentes trabajen con días de 7 h a 7 h. Con ello se arriba a las fuentes, los bancos de datos.

La custodia y el pulimiento de estos últimos es obra reservada a los Servicios Meteorológicos u organismos similares de cada país, entidad colaboradora, etc. Ésos deben almacenar igualmente los metadatos para apoyar las posibles inexactitudes: debe existir constancia de los cambios de ubicación, de aparataje, de lectores, así como nota de los cambios en el entorno (crecimiento de árboles, edificios, movimiento de obstáculos, etc.). Porque, de otro modo, ¿hasta qué punto los descensos o ascensos de las precipitaciones se han podido producir por estos cambios? Por lo general suele someterse los datos a ciertos controles de calidad a los que luego se hará alusión. Igualmente se establece la necesidad de series de referencia, de las que nos preguntamos ya ahora: ¿cuáles?, ¿qué características deben reunir?

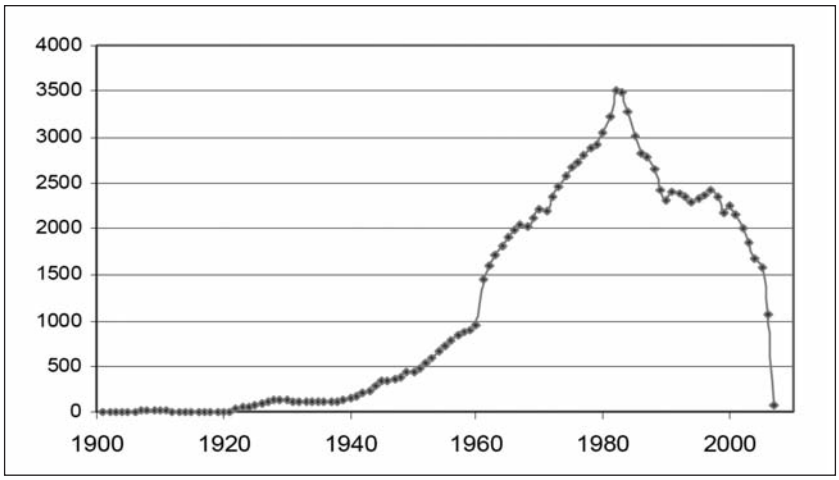


Figura 1: Número de estaciones con información en todo el país.
Procedente de Quintas, Rosengaus y Larios (2007). Evolución temporal del número de estaciones meteorológicas en México, cuyos datos se han volcado a formato digital en el SMN. Se ha reducido el número de estaciones pluviométricas de un maximo de 3.500 en 1934 a 2.500 en 2007.

Hoy la disponibilidad de datos depende de la velocidad a la que se vuelquen éstos a formato digital, lo que es laborioso, genera retrasos y puede constituir una fuente de errores. Véase al respecto la evolución del número de estaciones con datos pasados a formato digital en México (figura 1).

La variabilidad de los valores de precipitación es amplísima. Se aporta datos del caso español.

Máxima precipitación en 24 h: la máxima precipitación diaria registrada en España es de 720 mm el día 3 de noviembre de 1987 en Gandía (Efemérides Nacionales del AEMET). Se entiende por día pluviométrico el que va de las 7 h de un día civil hasta las 7 h del día siguiente. Valores más altos registrados:

• 600 mm en Albuñol (Granada) y en Zurgena (Almería) el 19 de octubre de 1973.

• 426 mm en Cofrentes y Jalance (Valencia) el 20 de octubre de 1982.

• 503 mm en Larrasquitu (Vizcaya) el 26 de agosto de 1983.

Se da como extremo absoluto en España los 817 mm de Oliva (Valencia), pero este dato parece corresponder a la totalidad de lluvia recogida durante los días 2 y 3 de noviembre de 1987, pues mientras en Oliva la precipitación del día 2 es nula, en Gandía, localidad próxima a la anterior, se midió 144 mm el día 2 y 720 mm el día 3; de ahí que posiblemente el extremo de precipitación corresponda a los 720 mm del día 3 de noviembre de 1987 en Gandía.

Sin embargo el carácter torrencial de las lluvias va relacionado con las cantidades máximas medidas en intervalos inferiores en 24 horas. Máximas intensidades horarias:

• 110 mm en Cofrentes, 82 mm en Alicante-Ciudad Jardín y 159,6 mm en Altet, todas ellas el 20 de octubre de 1982.

• Hay un dato estimado, no medido, de 140 mm en una hora en Bejis (Castellón) el 14 de octubre de 1957.

Según reza la página *web* de la Agencia Estatal de Meteorología, éstos son los recursos con interés pluviométrico:

• 90 observatorios con personal propio de la Agencia.

• 260 estaciones automáticas de observación.

• Red de 4.500 estaciones pluviométricas y termopluviométricas atendidas por colaboradores altruistas. Esta red está en proceso de automatización parcial y en el año 2009 está previsto que 550 de estas estaciones pasen a ser automáticas.

La representatividad espacial de los datos tomados es limitada. Sabemos de una creciente reducción cuanto más fuerte sea un aguacero: a mayor intensidad de precipitación, menor extensión geográfica. En tormentas de verano, podemos no obtener ningún resultado, aunque por las características catastróficas podamos suponer lluvias de máxima intensidad. El caso de la alcarreña Yebra, el caso de Bilbao en 1983, el caso del camping oscense de Biescas abogan en este sentido.

Como ejemplo de los datos aportados por una entidad colaboradora exponemos aquí los del Sistema Automático de Información Hidrológica (SAIH).

Actualmente se realiza un informe mensual, que relaciona los datos del mes en cuestión respecto de los llamados "datos históricos" que se consideran los del quinquenio 2001-2006. He aquí un problema: eso no es un período *histórico*; ni siquiera contempla la totalidad de los valores que se han registrado desde que existe el sistema SAIH; tampoco es adecuado en cuanto que ofrece únicamente un lustro, tiempo a todas luces insuficiente para tomarlo de referencia en pluviometría de áreas secas o semihúmedas, en las que la variabilidad es muy grande, de ahí que se pregone desde 1927 a nivel internacional (Congreso de Washington) la necesidad de series de 30 años para la pluviometría. No obstante, en la exposición de la metodología se afirma (SAIH, 2008, pág. 15): "las series históricas disponibles [...] han sido consideradas coherentes y precisas para el análisis que se efectúa".

El paso de los datos a una única tabla con características uniformes es lo que se ha denominado "estandarización".

Finalmente se confecciona un sistema de información geográfica (SIG) y, tras la localización de las estaciones, o, al modo actual de expresión, "georrefencia" en coordenadas UTM, se realizan los mapas acumulados mensuales (areales) interpolados mediante "kriging" con semivariograma esférico de los ***n*** pluviómetros más cercanos.

No obstante se suele comparar con otros métodos, como los mencionados a continuación:

- Inversa Distancia al Cuadrado (radio: 100 km)
- Inversa Distancia al Cuadrado (radio: 12 pluviómetros)
- Kriging, semivariograma esférico (radio 100 km)
- Kriging, semivariograma esférico (radio 12 pluviómetros)
- Kriging, semivariograma circular (radio 12 pluviómetros)
- Kriging, semivariograma circular (radio 100 km)

Los distintos métodos aplicados no arrojan diferencias de gran importancia, sino que las principales variaciones se presentan al considerar las condiciones de contorno.

Se prueba igualmente a representar los valores teniendo en cuenta las estaciones de los lugares más próximos a los límites de la cuenca de estudio, lo que sí ofrece variaciones importantes o significativas.

La representación cartográfica utiliza una clave de meses: mes extremadamente húmedo (EH), muy húmedo (MH), húmedo (H), normal (N), seco (S), muy seco (MS) o extremadamente seco (ES). Se trata, pues, de un método semejante al de los septosectos (Sanz Donaire, 2007).

El relleno de datos faltantes

Uno de los problemas de las series de precipitación es la carencia de datos en algunos momentos, por motivos bien distintos, pero que todos confluyen en el mismo resultado: la ausencia de una serie completa. Este problema obliga a una decisión importante:

a) dejar la serie con las carencias
b) intentar el relleno de la misma

Tradicionalmente se ha trabajado con tres métodos de relleno, aunque también se ha sugerido los restantes que a continuación se mencionan:

a) Búsqueda de la serie más próxima, no sólo geográficamente, sino también a razón de criterios estadísticos, esto es, que arroje una alta correlación con la serie problemática. Suele tomarse como coeficiente de correlación aceptable todo aquél que supere el valor de /0,7/.
b) El recomendado por el Servicio Meteorológico de los EE.UU.A. según el cual se debe tomar cuatro estaciones, representativas de cada uno de los cuatro cuadrantes, e inmediatas geográficamente, con las que se rellena el dato faltante, ponderando con la distancia a la estación carente. Este modo de proceder, con mucho el más adecuado, tiene el enorme inconveniente –cuando no insalvable– de que pueden faltar los datos de las cuatro estaciones más cercanas, lo que desgraciadamente es frecuente, especialmente en los tiempos iniciales de las series. También puede darse el caso de que no existan datos en los cuatro cuadrantes

por razones geográficas de insularidad o litoralidad, localización de la estación a rellenar en la línea de costa. Otro problema añadido, y ligado al anterior, es la distancia recomendable hasta la que se pueden estimar datos. Insistimos en que cuando la red de observatorios es rala, los problemas son notables.

c) El relleno con el dato medio (mesual o anual) del período considerado en el estudio.

d) También pueden realizarse alternativamente otros rellenos, como la repetición del valor anterior (en nuestro caso, del mes del año anterior, dado que los anuales son calculados).

Como apoyo a lo que hemos comentado, el programa MATLAB, para series temporales financieras, emplea los siguientes procedimientos:

- Interpolación lineal
- Interpolación cúbica
- Interpolación con un "spline"
- Extrapolación con el más cercano
- Valor más cercano (el inmediato anterior)
- Relleno con una constante
- "Pchip" = (por *Piecewise Cubic Hermite Interpolating Polynomial*) interpolación polinómica segmentaria cúbica de Hermite

Un "spline" ofrece un resultado más suave que "Pchip" y da lugar a un resultado más preciso si los datos proceden de una función suave pues está basado en un principio de continuidad. Pero "Pchip" no se sobreexcede y tiene menos oscilación si los datos no son tan suaves. Éste sería el caso que nos ocupa de las precipitaciones. "Pchip" es menos costoso de poner en práctica, aunque ambos son igualmente difíciles de valorar.

La localización de las lagunas constituye un segundo obstáculo en la carencia de datos. Con el fin de que el lector pueda acercarse por sus propios medios a la realidad de los datos y corroborar algunas de las afirmaciones que aquí se vierten, se trabajará con las bases de datos gratuitas. Es llamativo que el número de datos vacantes, lejos de encontrarse en los inicios o primeros años de registro, se agolpen a partir de 1980. Esta realidad parece ilógica, si pensamos que la recogida de datos ha debido mantener la misma tendencia ascendente de calidad que se pregona para cualquier área del Planeta que no haya sufrido catástrofes naturales u otras desgracias (guerras, inseguridad, cambios

de régimen político…). Con frecuencia, a pesar de los controles de los que se tendrá ocasión de hablar más adelante y que explican ciertas elusiones, quien escribe tiene la sensación de que la fuente no quiere ofrecer todos los datos disponibles, máxime cuando se pueden consultar en otras procedencias. Y se recuerda la vieja máxima de que "la información es poder". Pues no se puede acudir a justificaciones de que, por ejemplo, la base de datos *Global Historical Climatology Network*, el GHCN, disponible en NOAA, se haya comprometido a no proporcionar los datos recibidos a terceros, pues ello sería negar la misma esencia de la disponibilidad gratuita de la serie a través de la red. Acceso sin coste a datos hay también en la web en las bases "Tutiempo" y "Meteored".

Recientemente se ha incluido también la serie de las estaciones españolas coincidiendo con que la señora Rosa Aguilar haya aceptado la cabeza del ministerio (de Medio Ambiente, Medio Rural y Marino) correspondiente. Los datos así completados arrojan, no obstante, respecto de los publicados por el entonces INM (Almarza *et al*, 1996) una diferencia media de -0,2%. En esa publicación electrónica, que se autodefine como del "clima", se muestra series que comienzan nunca antes de 1920, aunque los datos anteriores existan, y con frecuencia iniciándose allá cuando empezaron a registrar los aeropuertos (en fechas escalonadas). Por ello es una publicación de gran utilidad para los tiempos actuales, aunque deficiente para los estudios de las series instrumentales que algunos llaman "históricas". Sin querer ahondar en el tema, resulta sorprendente que las series del INM estén construidas sobre datos de procedencia dispar, aunque a la postre –y a tenor de las diferencias porcentuales medias arriba mencionadas– las desviaciones sean despreciables, minimizadas al hacer promedios de medias.

La labor de relleno tampoco está exenta de decisiones difíciles. Se puede optar por completar aquellos años en los que haya un máximo de 3 carencias de datos mensuales en NOAA, sin duda la fuente gratuita más completa existente para datos mundiales. Cuando es posible se soslaya con los valores del mes de las otras dos fuentes, en cuyo caso se pueden presentar las siguientes 3 posibilidades:

a) el mes está completo en la fuente alternativa; en tal caso se sugiere agregar el valor mensual a la serie NOAA.
b) el mes está incompleto y sólo existe carencia del dato de un día: se traslada el valor (total – 1) del mes, siempre y cuando supere

al promedio mensual de dicho mes, o bien si el valor (total – 1) es tan bajo que la probabilidad de que en el día faltante se alcance la media resulta muy baja.

c) el mes carece de datos o está incompleto en más de un día: ante la imposibilidad de reconstruir el dato, se opta por introducir la media de todos los meses homónimos de la serie.

Esta práctica merece algún comentario ulterior: la precipitación, se admite generalmente, siempre se mide por defecto, por lo que, si se recurre para el relleno a la media del mes faltante como estimación de menor desviación respecto del valor verdadero, sólo cabe sustituirla si el sustituto no se aparta demasiado del promedio, es mayor que la media o, siendo muy inferior, tiene una alta probabilidad de verosimilitud. Por otra parte la media tiene la ventaja de que compensaría las desviaciones posibles de la variable. Sin embargo presenta dos inconvenientes: 1) la dependencia de la serie, por lo que el relleno cambiaría si la serie sigue aumentando, aunque es verdad que la media de una serie larga apenas varía; y 2) la media sólo es válida como estimación de menor error si los valores de precipitación mensual presentan una distribución normal, lo que sabemos es falso. Los intentos de utilización de medidas de centralidad alternativas, preferentemente la mediana o la moda, no han satisfecho las expectativas iniciales, por lo que se suele optar por mantener la media, a sabiendas de sus limitaciones.

Sin embargo el relleno de las series de precipitación en España ha dado origen a un trabajo que pretende enunciar un protocolo único para el tratamiento (Barrera Escoda, 2003), del que extractamos algunas consideraciones.

Se parte de la idea de que para realizar un estudio climático es preciso disponer de series de datos continuos, homogéneos y que abarquen el máximo lapso temporal posible.

Primer problema previo suscitado: existencia de valores incorrectos o dudosos, anormales por estridentes; es lo que se suele denominar "*control de calidad de los datos*". Se suele corregirlos, si es posible, o, si no, eliminarlos. De ello se hablará más adelante.

Segundo problema previo suscitado: la *homogeneidad relativa* de los datos, puesta de manifiesto mediante el método de las *dobles masas o dobles acumulaciones*.

En torno a la homogeneización

El tema de la homogeneización de los datos merece algunas reflexiones adicionales. Esta práctica presenta, indudablemente, la ventaja que se puede decir más y mejor de los datos así elaborados. Los datos estadísticos homogéneos, esto es, procedentes de una única población, son más fácilmente predicables que los heterogéneos (inhomogéneos).

Pero existe un valladar de base: ¿proceden los datos, efectivamente, de una única población?

Soy partidario de que, si se detecta un momento "claro" de inhomogeneidad – y por "claro" entiendo el que pueda referirse inequívocamente a una causa, como por ejemplo, el cambio de ubicación de la estación, el cambio de instrumental, etc. – se corrija la inhomogeneidad, esto es, que – en la medida de lo posible – se homogeneice la serie.

El problema de calado se produce cuando, sin causa justificada, aparece una heterogeneidad (inhomogeneidad). Yo creo que debiera respetarse, pues actuar de otro modo es creer más en el modelo que en la realidad: lamentablemente esta práctica está hoy tan extendida que algunos autores piensan que debe ser criterio excluyente.

Si no existiera un modelo aceptable, búsquese otro, por cuanto un modelo puede verse sobrepasado por otro más ajustado, pero, en mi opinión, no debe primar el modelo ya descrito por encima de la realidad.

Hay más comentarios a la "necesidad" de homogeneización. Probablemente uno de los primeros trabajos en los que se aboga por la homogeneización de los datos de precipitación en España sea el que a finales del siglo pasado publicaran Almarza y otros en el Instituto Nacional de Meteorología (Almarza *et al,* 1996). Vieron la luz en esta ocasión los datos de las cincuenta estaciones con datos españoles más antiguos conservados, investigando las heterogeneidades [1], lo que consigue mediante la aplicación de varios *tests*, de Alexanderson y de Mann-Kendall. A modo de conclusión destacaría las siguientes ideas:

1) Necesidad de una estación de referencia para establecer las comparaciones, en la determinación de la homogeneidad relativa. Suele tomarse una estación individual, aunque en algunas ocasiones se prefiere varias. La elección está basada en que

[1] En principio lo opuesto a la homogeneidad es la heterogeneidad. No obstante el desconocimiento progresivo que algunos autores, especialmente en el ámbito anglosajón, tienen de las lenguas muertas en las que antes se basaba la terminología científica, ha llevado a la construcción del término "inhomogeneidad", que se ha ido extendiendo.

estas estaciones han de haber superado los *tests* correspondientes. Las estaciones de referencia se toman por su proximidad geográfica, o porque rodean a la estación cuya homogeneidad se investiga. Frecuentemente en años iniciales, sólo porque dispongan de datos, independientemente de la distancia a la que se hallen de la estación homogeneizable. Así, por ejemplo, Alicante en sus inicios –hasta 1877/78- se referencia a Valencia; luego a Valencia, Madrid, San Fernando y Albacete hasta 1908, por lo que se desestiman los datos hasta esa fecha en la serie homogénea. Para La Coruña se toman como series referenciales Santiago de Compostela y Burgos, y se concluye desestimando los valores anteriores a 1917; luego las referencias cambian a Madrid y Burgos (*sic*), y se admite su homogeneidad. El observatorio de Mahón se referencia con Madrid, Valencia y Zaragoza. Para Santiago de Compostela sirven las estaciones de Madrid, Bilbao y Burgos.

2) Según la referencia tomada, la ruptura se plasma en uno u otro momento, por lo que los valores son relativos. Por ejemplo el observatorio de Izaña (2.367 m de altitud) se admite como homogéneo respecto de San Fernando (a 30 metros sobre el nivel del mar y unos 1.354 kilómetros de distancia, con el Océano Atlántico interpuesto). Pero nosotros nos preguntamos: ¿tiene sentido este tipo de comparaciones? Éste es el literal de los autores: "Debido a la diferencia climática entre las dos estaciones implicadas en este test sus resultados no pueden considerarse concluyentes. No obstante hemos optado por considerarla homogénea" (op. cit., pág. 146).

3) A veces se toman distintas referencias de una misma estación, lo que da lugar a distintos resultados, porque los períodos referenciales varían. Así Tortosa se compara con Barcelona 1880-1930 y Barcelona en todo el período de registro, que finaliza en 1994 para la publicación.

4) El segundo argumento también afecta no sólo a la consideración de la homogeneidad o heterogeneidad, sino que, en este último caso, denota una ruptura precisa:
Valladolid-Burgos (1862-1994).... ruptura en 1896-1899
Valladolid-Burgos (1900-1994).... ruptura en 1943
Valladolid-Madrid..... ruptura en 1897

Cáceres-Madrid (1908-1994)..... ruptura en 1914-1915
Cáceres-Madrid (1915-1994)..... ruptura en 1982
Cáceres-Badajoz (1908-1994)..... ruptura en 1914-1916
Cáceres-Badajoz (1915-1994)..... ruptura en 1980 [2]

Córdoba-Madrid (1894-1994)..... ruptura en 1941-1943
Córdoba-Madrid (1860-1994)..... ruptura en 1965-1970 [3]

5) Una serie puede mostrar tendencia significativa, aunque no haya constancia del cambio de localización, por ejemplo: Zamora, "con lo que hay que dudar de su homogeneidad" (op. cit, pág. 309). Se descarta finalmente.
6) A pesar de que haya constancia de translados de la estación, la serie no aprecia falta de homogeneidad: entre otros casos, Valencia, Málaga, Albacete, Alicante (serie posterior a 1909), Almería, Ciudad Real, Huesca, Logroño o Madrid, lo que representa el 18% de los casos.
7) Las series homogéneas y sin tendencia se consideran básicas, por lo que las demás se ajustan a ellas, mediante el consiguiente cambio: por ejemplo, Mahón multiplica por 0,8 todos los valores anteriores a 1970, tras tomar como referencia Madrid, Valencia y Zaragoza; San Sebastián multiplica por 1,3 los valores anuales anteriores a 1931 (momento del cambio de emplazamiento, aunque la ruptura "ya se presentía" pues era patente en 1929); Barcelona cambia la localización de la estación desde la ciudad (Universidad, a 40 m de altitud) al observatorio de Fabra (420 m), pero aunque la diferencia media es de 1,05 entre los primeros y los segundos, la homogeneización se logra al multiplicar por 1,1 los datos originales de la Universidad, en comparación con Valencia, y luego con Valencia y Zaragoza.
8) Cuando se homogeneiza siempre se parte de la idea de que los últimos datos son los correctos, y los anteriores se deben ajustar a éstos. ¿Qué pasaría si éstos ya están afectados por cambios significativos, pongamos por caso, debidos al llamado cambio climático? ¿No implicaría esta práctica la destrucción de la prueba de la heterogeneidad por este origen?

[2] Llama la atención que el cambio de localización de la estación se produjera realmente en 1982. Parece que la ruptura, en este caso, se anticipa a la supuesta causa.

[3] Debe citarse que el observatorio de Madrid posee una serie básica, homogénea en ambos casos, que sirve de referencia repetidas veces.

9) Ocasionalmente se puede registrar heterogeneidades según períodos; así Badajoz, por referencia a Madrid y San Fernando, está falta de homogeneidad en datos anteriores a 1876, es homogénea entre 1876-1899, retorna a la heterogeneidad entre 1899 y 1911, para homogeneizarse después. Este comportamiento pone de manifiesto la proverbial variabilidad de las precipitaciones, así como la posible falta de consistencia en las estaciones de referencia, con frecuencia las únicas disponibles para determinados períodos.
10) ¿Puede atribuirse una ruptura a que cuatro años antes ha habido un translado? Es el caso de Gijón. ¿Cuánta es la histéresis? ¿Por qué, en otros casos, existía barrunto o premonición de translado?
11) Una serie "puede presentir" el cambio de localización: San Sebastián muestra una ruptura en 1929, por referencia a Bilbao, cuando el mencionado cambio se efectuó en 1931. Se multiplica los valores anuales anteriores a esta fecha por 1,13, y finalmente los autores consideran la serie homogénea y sin tendencia. (*op. cit.*, pág. 240-41)
12) En ciertos casos (22 de un total de 50, luego en el 44%) los resultados de las mencionadas prácticas son insuficientes para lograr el objetivo de la homogeneización y se renuncia a ella: Ávila, Cádiz, las tres estaciones de Cazorla (Hornico, ICONA y Nava de San Pedro, casualmente las más cercanas entre sí, pero localizadas en un entorno montañoso), Córdoba, Cuenca, Granada, Huelva, Jaén, León, Lérida, Oviedo, Pontevedra, Salamanca, Santander, Santiago de Compostela, Segovia, Soria, Teruel, Valladolid (posee 8 cambios de estación) y Zamora (con fuerte tendencia, es inhomogénea, aunque no haya sufrido cambios de localización). ¿Podemos permitirnos el rechazo de casi la mitad de las observaciones?
13) Véase, a modo de ejemplo, cómo se construye una serie, la más longeva de España, la de San Fernando de Cádiz: "En consecuencia se construyó una serie en la que desde 1839 a 1881 se consignaron los datos de Cádiz-Urrutia y la laguna que presentaba la serie en los años 1851 y 1852 se rellenó por correlación con Gibraltar y el resto de los datos de la serie inicial propuesta, suprimiendo los datos anteriores a 1839. Los resultados obtenidos fueron sorprendentemente buenos [...].

Esta serie así construida se ha tomado como serie referencial para comprobar la homogeneidad de otras series y poner de manifiesto en su caso las rupturas observadas." (*op. cit.*, pág. 231).

14) El proceso de homogeneización suele consistir en la aplicación de un coeficiente a los datos descolocados. Éste varía mucho: Mahón, 0,8 para datos anteriores a 1970; Murcia, 0,8 en datos anteriores a 1900; Palma de Mallorca, 0,9 aplicado a datos anteriores a 1940; San Sebastián, 1,13 en los datos anteriores a 1931; Toledo, 0,85 para los datos anteriores a 1983; Tortosa, 1,1 para años anteriores a 1905.

El programa Anclim cita textualmente: "The *reference series* can be calculated as: 1. average from the best correlated stations, 2. average from the nearest stations, 3. regional average from all stations available (together with converting all the series into anomalies)." Y agrega: "The only thing, which is not (and can not be) fully automated, is decision about outliers and inhomogeneities adjustment, this part will stay subjective every time."

La serie de referencia

Frecuentemente se habla de la necesidad de una serie de referencia, que por lo general es la media de un área, lo que implica previamente una regionalización – por cierto, realizada normalmente a partir de las altas correlaciones (entre las series de estaciones con los mismos datos iniciales, por lo que se entra en un *loop* lógico o círculo vicioso). Las correlaciones en el caso de las precipitaciones siempre son menores que en otros parámetros meteorológicos y climáticos, dada la alta variabilidad temporal y espacial de aquéllas. La utilización de una serie de referencia a partir de la media de varias estaciones está apoyada en la minimización de errores por aplicación de la ley de los grandes números. El problema que se puede plantear es cuando de una región apenas hay series de estaciones diferentes, por lo que los errores no se pueden autocorregir. ¡Cuántas veces en las mallas, en las que se opera de igual modo a como en una celda, se trabaja con una única serie! ¿Se ha homogeneizado los datos? ¿Cómo, en este caso? No se nos oculta que también debemos establecer, para lo cual necesitamos criterios propios, unos valores de relación entre las estaciones con el fin de que la regio-

nalización sea adecuada. Se precisa una nueva toma de decisión. Alternativamente se podría realizar una regionalización de base exclusivamente estadística, mediante la aplicación de una agrupación o "*cluster*". También en este caso es preciso determinar de antemano si se quiere un único o varios grupos finales: ¿cuántos? ¿sobre qué criterios?. Entrar en este tema es ingresar en otro avispero en el que es necesario optar por el modo de realizar el agrupamiento, en definitiva, qué algoritmo tomar (por ejemplo, el vecino más proximo, o el más alejado, el centroide, la mediana o la media del grupo, entre otros, lo mismo que según qué distancia, por ejemplo: euclídea, al cuadrado o Manhattan), dado que las salidas obtenidas son altamente variables. La impresión que se genera es la de que, para solucionar un problema, nos adentramos en otro que requiere más decisiones que el primero, con lo que se complica el procedimiento, pero ¿para resultados mejores? En cualquier caso, diferentes. ¿Quién y cómo garantizamos que, tras las diferentes tomas de decisión a las que nos vemos abocados, el resultado sea más satisfactorio? La única solución a este aspecto es la validación: contrastar en casos reales la diferencia ofrecida respecto de los estimados. Desde el punto de vista estadístico no presenta excesivos obstáculos: entre 1 y la total desagregación (tantos grupos como estaciones pluviométricas) caben muchas posibilidades. Por otra parte las clasificaciones nunca deben superar el valor de 20 clases, pues de otro modo son prácticamente inabarcables a una mente humana media. Pero el investigador suele hacerse una idea mediante la representación gráfica de los datos, pues, si no es el caso de una serie continuada, probablemente aparezcan interrupciones que invitan a la delimitación de clases.

También se puede trabajar con mallas, tema que fue introducido al filo del comentario del sistema SAIH.

Geográficamente suele operarse con regionalizaciones espaciales, ya sea de áreas continuas o disjuntas. Con esta intención se puede proceder a realizar el estudio climático, que desemboque en la regionalización climática de un área, aplicando una de las clasificaciones más veteranas, pero universal, y casi imprescindible por la continuidad de uso: Köppen. Basada en datos de temperatura y precipitación que están disponibles para la inmensa mayoría de las estaciones meteorológicas del mundo, aplica criterios sencillos que se adaptan bien a la vegetación, de la que es deudora. De ahí que, quien desconoce la finalidad para la que fue creada, quede admirado de la bondad de ajuste respecto de las regiones "ecológicas" por vegetales. Presenta, sin embargo, el

inconveniente cuando se utiliza en territorios vastos de que los climas áridos pueden situarse en manchas aisladas, que – sin embargo – se agrupan por este método. La aridez suele definirse más como ausencia de pluviometría con relación a algún momento del año, que no de un modo absoluto. Insistimos, pues, en que los climas áridos B, tanto BS como BW, pueden ocupar áreas extensas, de características térmicas y pluviales distintas, y por ende relacionadas con diferentes factores de la dinámica atmosférica.

Admítase que se ha logrado obtener una serie de referencia adecuada. En la aplicación de las dobles masas, la variable que más heterogeneidades (inhomogeneidades) ha suscitado es la precipitación, lo que denota, una vez más, la enorme variabilidad de la misma.
Nuestra experiencia en este caso es que las gráficas de dobles masas apenas apoyan sino la homogeneidad. Lo que más perturba al gráfico no son los posibles cambios de localización, aparato, tipo de observación, etc., cuanto las lagunas, que generan rellanos o cantiles en las curvas acumulativas.

A partir de los resultados de la aplicación de este método, estamos casi persuadidos de que la serie de referencia poco influye en la gráfica final, al menos para el caso argentino en el que se ha ensayado (Sanz Donaire, en prensa), por lo que hemos osado un experimento ulterior: no realizar el gráfico de dobles masas con la región geográfica a la que pertenece el observatorio, sino con la más opuesta: por ejemplo, las estaciones de clima Cfa (el llamado por E. de Martonne clima danubiano o cantonés) tendrán como serie de referencia la media de los BW (desiertos). Y el resultado genérico ha sido que la serie de referencia no influye por demás en el *output* conseguido. Lo que ofrece inhomogeneidades es la ausencia de datos, que aparecen como escalones (figura 2), que, de repetirse en la serie acumulada, trazan un gráfico con un cambio de pendiente apreciable (figura 3). Valga como ejemplo de lo que afirmamos dos ejemplos argentinos: la estación de La Quiaca, a 3.459 m de altitud en el extremo N del país (clima H, de altura o montaña), representado respecto de la media de las veinte estaciones de clima Cfa; y la estación de San Juan, casi en un oasis dentro del clima desértico (BW de Köppen), con relación al promedio de las tres estaciones asignadas al clima Cw (clima chino). En este último caso la representación también adolece de la escala de la gráfica: lo que a detalle son escalones, aquí aparece como una suma de tramos de curvas convexas y cóncavas. Pero el ajuste a una recta parece fuera de duda (figuras 2 y 3).

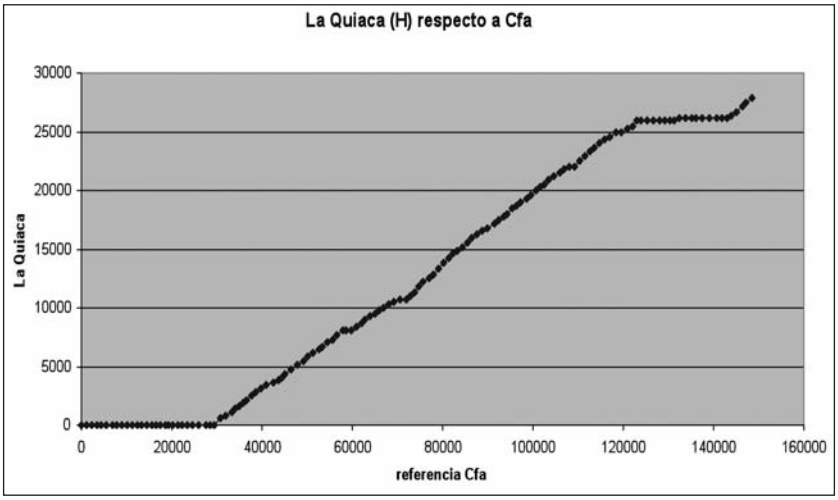


Figura 2: Gráfico de dobles masas entre la estación argentina de La Quiaca y las estaciones de clima Cfa.

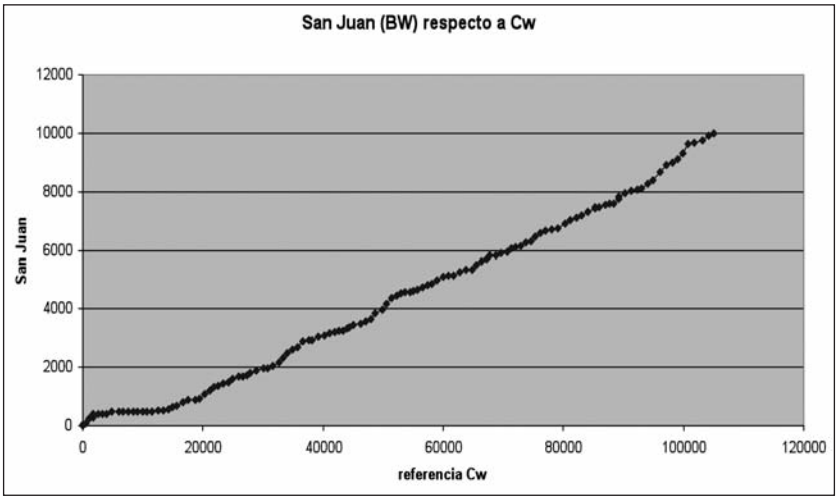


Figura 3: Gráfico de dobles masas entre la estación argentina de San Juan y las estaciones de clima Cw.

Una inhomogeneidad estaría marcada en una serie temporal como la de Chilpancingo, en el estado mexicano de Guerrero (Figura 4).

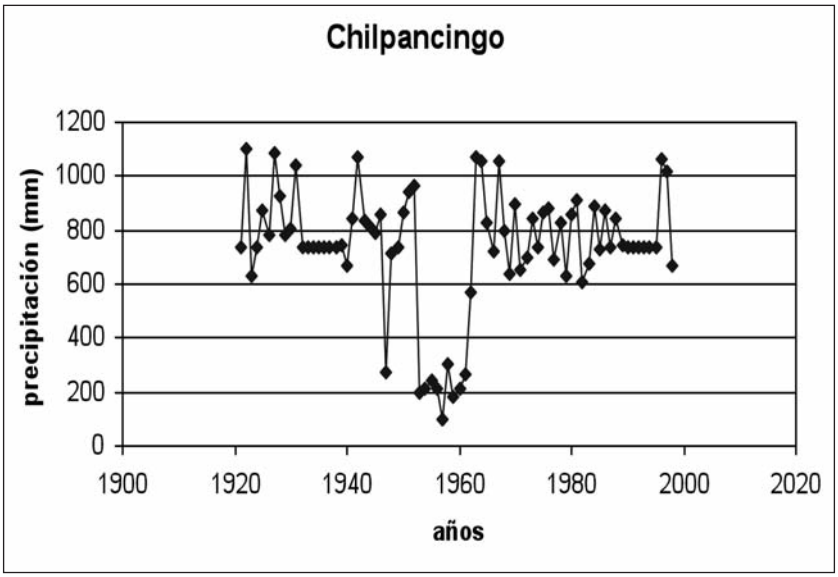


Figura 4: Inhomogeneidad de una estación del estado de Guerrero, México.

El experimento anterior tiene como finalidad poner de manifiesto que el gráfico de dobles masas que se utiliza de herramienta para la localización de inhomogeneidades, funciona NO SÓLO con las estaciones con un coeficiente de correlación mayor, más próximas estadísticamente, sino en todos los casos. Los saltos no suponen realmente inhomogeneidades, cuanto carencia de datos, tanto en una masa (datos acumulados) como en otra: o bien origina mantener la $\boldsymbol{y}$, luego, rellano; o bien afecta a la $\boldsymbol{x}$, con lo que hay pared vertical. El cantil será tanto más alto cuanto mayor la cuantía de la precipitación en la estación estudiada.

Volviendo a los protocolos, en cualquier caso, para conocer las correlaciones entre las diferentes estaciones se tiene que calcular éstas así como su significación estadística, habitualmente establecida a priori en un *p*-valor de 0,1 ó 0,05, para las significaciones (α) del 90 y 95% respectivamente. Teniendo en cuenta que sólo se va a trabajar con pre-

cipitaciones, parecería lógico que no se normalizasen los datos de precipitación. No obstante, como las áreas abarcables geográficamente pueden ser muy dispares, con diferentes regiones bien diferenciadas, (como en el caso de Argentina, o Chile) se recomienda en cualquier caso la normalización, tanto más útil cuanto que al tener que aplicarse a los datos mensuales, las variaciones son grandes.[4]

Ante la ineficacia de la aplicación de la curva de dobles masas, ¿no sería preferible utilizar una simple curva de masa o acumulada, que también pone de manifiesto la inhomogeneidad relativa, aunque consigo misma? A modo de ejemplo de lo que aquí sugerimos, la figura 5.

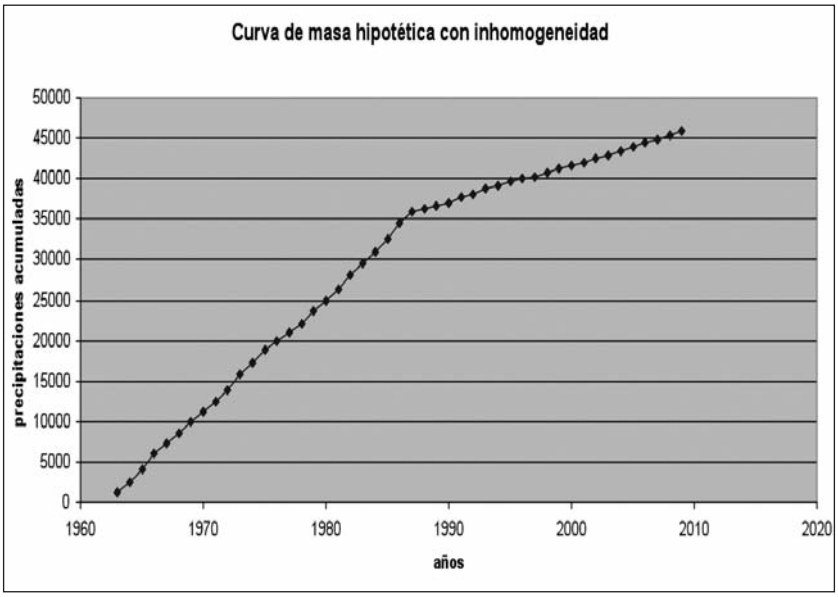


Figura 5: Curva de masa de una sola estación.

[4] Los estadísticos suelen utilizar el criterio de las correlaciones más altas, en tanto que los geógrafos mantenemos un criterio más espacial: una alta correlación estadística puede venir impuesta por la simple coincidencia de las dos estaciones en pocos valores. De ahí la necesidad de matizar con la significación. Aún y así la proximidad geográfica es un concepto que, creo, debe primar sobre cualquier otro matemático ciego (vecindad estadística). Pero tampoco puede hacerse uso indiscriminado de la proximidad espacial, al menos en ámbitos montañosos, donde las condiciones del relieve son determinantes: por ejemplo entre fachadas de diferente orientación, diferencias de pendiente que implican distintas intensidades y cuantías de lluvia, un relieve acubetado, una extensa meseta elevada, etc.

Una vez más, otros gráficos (Figuras 6 y 7) muestran las dobles masas, construidas para la curva hipotética con inhomogeneidad para referencias diferentes:

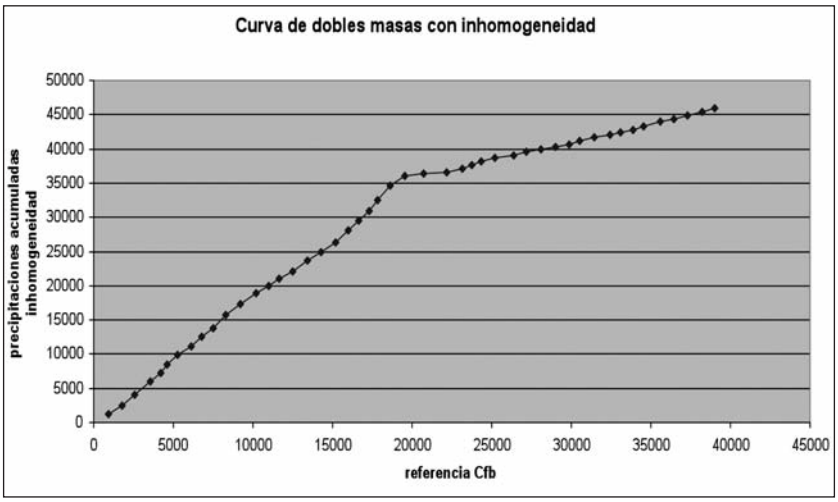


Figura 6: Curva inhomogénea hipotética respecto de referencia de las estaciones de clima Cfb argentinas.

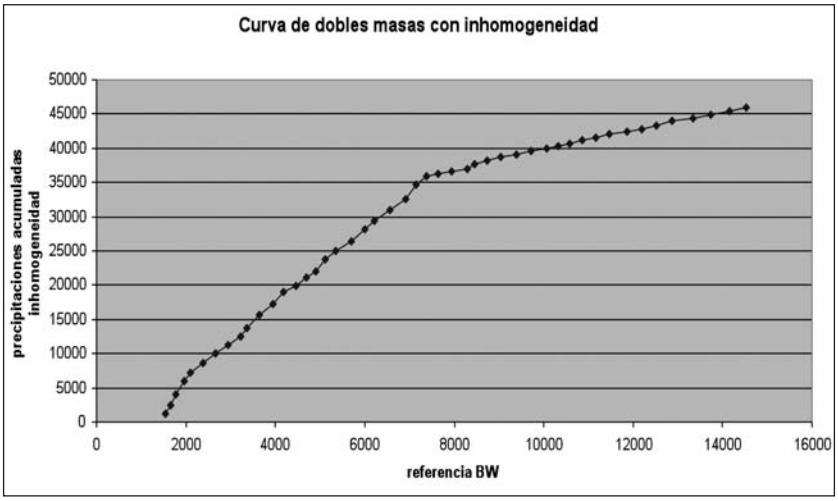


Figura 7: Curva inhomogénea hipotética respecto de referencia de las estaciones de clima BW argentinas.

De la visión de las dos últimas figuras se desprende que no es tanto la comparación con otra curva acumulada, o segunda masa, lo que se manifiesta en el gráfico, cuanto la masa propia. Así, repetimos, en vez de utilizar esta técnica para apoyar la inhomogeneidad, sería suficiente con una curva de masa simple, de la estación a considerar. Pues, ésta ya detecta las inhomogeneidades relativas (al tiempo). Para poder saber si los valores han cambiado por inhomogeneidad, habría que dar un valor significativo de cambio de pendiente, lo que no deja de ser otro problema añadido: una nueva toma de decisión, que podría resolverse por comparación de pendientes.

Con harta frecuencia se obvia el cambio de pendiente mediante el uso de la siguiente expresión, una elaboración que se utiliza (Arumí *et al*. 2000), si bien no está recomendada:

$$P_{aj} = \frac{S_{aj}}{S_{ob}} P_{ob}$$

donde :

P_{aj} = precipitación ajustada
P_{ob} = precipitación observada
S_{aj} = pendiente recta período más reciente
S_{ob} = pendiente recta período cuando ocurre P_{ob}

Para el uso adecuado del método de la curva másica o de dobles masas, se recomienda además:

- Es conveniente adoptar un criterio conservador en el ajuste, por ejemplo, es preferible un ajuste por defecto antes que por exceso.
- Un cambio de pendiente no debe considerarse significativo, a no ser que se mantenga, a lo menos, a lo largo de unos cinco años.
- Es necesario tener en cuenta que hay consistencia para períodos largos de tiempos en la distribución regional de la precipitación, pero que esta consistencia no necesariamente tiene que producirse para períodos cortos de tiempo. Por lo tanto, el análisis con curvas másicas no es aplicable a precipitaciones diarias o de duración menor. Usualmente se aplica para períodos anuales o para la precipitación estacional.

Pero este tratamiento se expone en el contexto de trabajos prácticos de hidrología para regadío, en concreto para Chile (Comisión Nacional de Riego). Según las bases técnicas de la ley 18.450 (de 1985, original-

mente con una vigencia de 15 años, aunque prorrogada hasta 2010, con varias *addenda* hasta la actualidad), en el caso de cuencas que disponen de datos forométricos se debe verificar la calidad de la estadística disponible, efectuando su homogenización, relleno y extensión cuando corresponda, utilizando métodos hidrológicos convencionales, siempre que comprenda un período mínimo de 15 años consecutivos, con una antigüedad de la estadística recopilada que no supere los últimos 20 años. En su defecto, se deberá ocupar un período de 30 años consecutivos con una antigüedad de la estadística recopilada cuyo dato más reciente no tenga antigüedad superior a 15 años. Hablar, por lo tanto, de homogeneización en estos casos sí resulta obvio, que no cuando se trabaja con series largas, que bien pueden verse influidas por variables naturales cronodependientes que no por las antrópicas.

Se puede recordar la propuesta que realizaba (Sanz Donaire, 2000) de tildar de datos anormales a los que cumplieran determinadas premisas…, aunque nunca estuvo en nuestro ánimo la exclusión, si no hay noticia fidedigna de que el dato responde a una mala toma. La anormalidad *per se* no debiera ser valladar para su consideración en el conjunto de unos datos para poner de relieve un cambio climático. El cambio se puede asociar a varias causas, pero más a una lenta o paulatina variación en los datos medios que a los extremos.

Finalmente se suele realizar un *estudio de autocorrelación* para conocer el grado de dependencia de la variable entre períodos de tiempo semejantes consecutivos. En el caso de los datos mensuales y anuales, la autocorrelación arroja valores bajos, por ausencia de dependencia, esto es, por la aleatoriedad.

Suele suscitarse un óbice adicional: la ausencia de datos, por lagunas, en algunos programas informáticos de estadística, impide la realización de los análisis. O bien, el programa rellena los valores inexistentes, normalmente a través de estimaciones con los vecinos. Un dato aislado faltante apenas tiene importancia en el resultado final. Pero cuando las lagunas son amplias, el método de relleno puede conducir a un resultado tan absurdo - aunque sea imprescindible para llevar a cabo el análisis de autocorrelación, por ejemplo en el conocido paquete estadístico Statgraphics©- que el correlograma que se obtiene, con los límites de confianza, a efectos de decidir si la serie es aleatoria o no, se ve profundamente afectado por el mencionado relleno, hasta el punto de que el gráfico denota tendencia. Véase a estos efectos el ejemplo de Buenos Aires, que, en las figuras 8 y 9, expone respectivamente el desa-

rrollo temporal de la precipitación y su correlograma (gráfico de autocorrelación) correspondiente, y denota aleatoriedad al estar las autocorrelaciones dentro del margen del 95%. Sin embargo, en las figuras 10 y 11 se ha representado la serie en ausencia de 5 años, que, coincidiendo con unas notables subidas previas de precipitación, alcanza valores imposibles de aceptar, comportamiento que se refleja en el correlograma consiguiente que muestra tendencia (suave disminución de los coeficientes desde valores muy por encima de los de la significación).

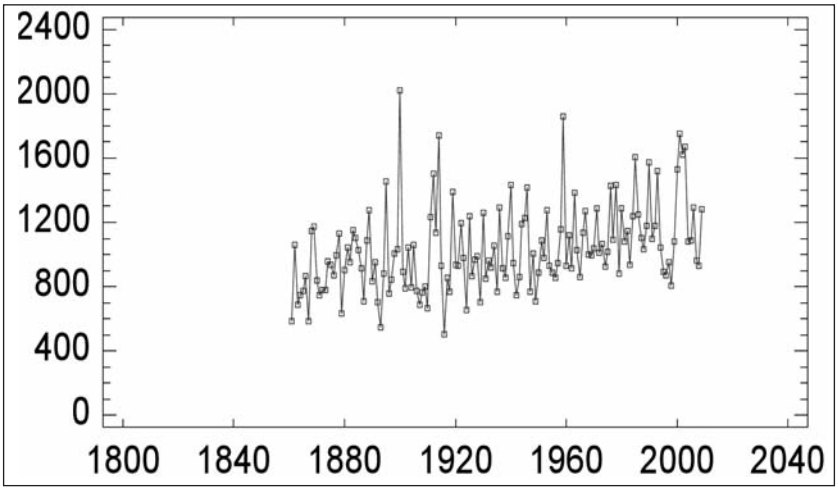


Figura 8: Serie pluviométrica de Buenos Aires con relleno de un dato faltante.

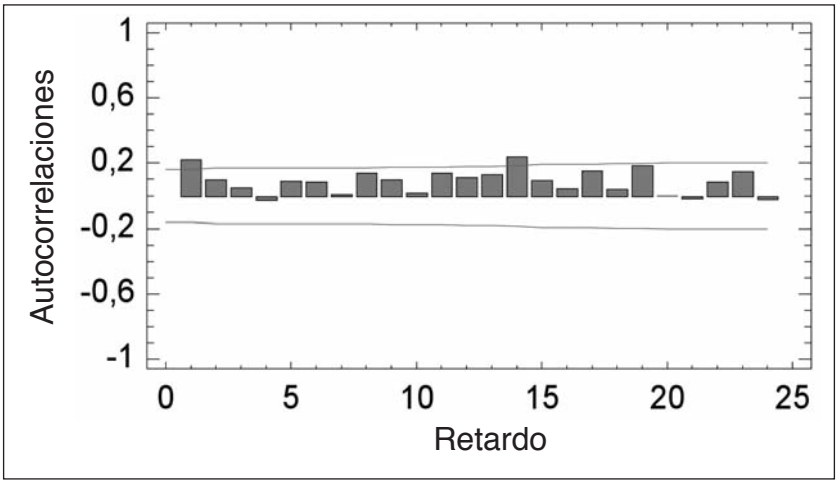


Figura 9: Correlograma de la serie representada en la figura 8.

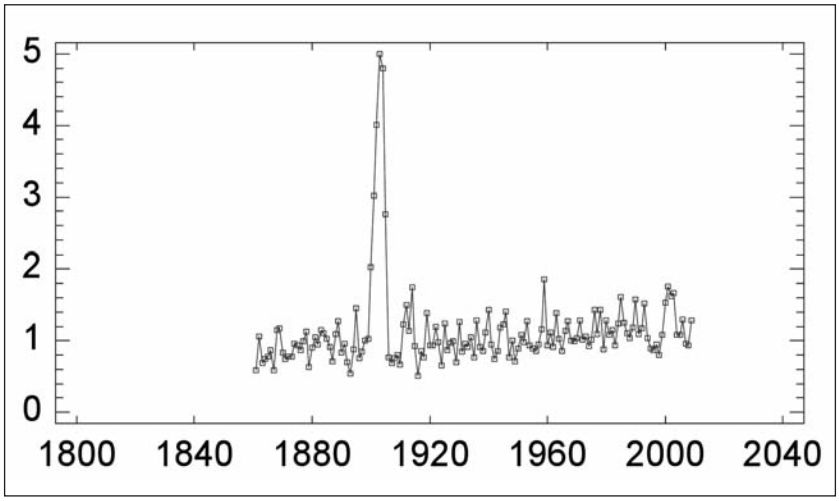


Figura 10: Representación de la serie de Buenos Aires en la que se ha borrado 5 valores.

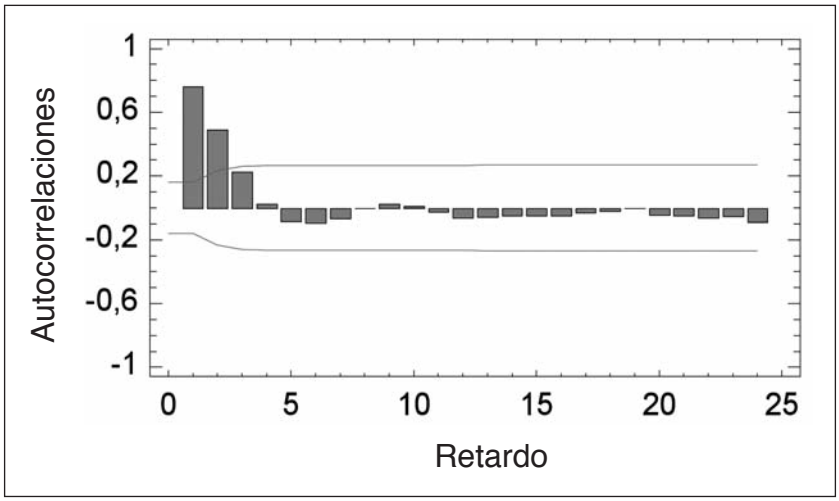


Figura 11: Correlograma correspondiente a la serie de la figura 10.

El programa Statgraphics© no funciona si hay 2 o más datos iniciales faltantes. Con 1 hasta 10 carencias consecutivas puede no ocurrir nada, si los datos ausentes están en un lugar entre valores no demasiado vacilantes y sin estridencias. Se ha realizado varias pruebas de

cuántos huecos puede tener una serie para que en ella se vean palmariamente los efectos de estos rellenos. El problema no radica tanto en el número de ausencias, cuanto en dónde se tiene que rellenar: así cabe decir que si los valores están intercalados –huecos aislados– dentro de la serie, los análisis de autocorrelación se ven afectados mínimamente. Pero, al aumentar el número de huecos sucesivos, el relleno automático, basado en el dato anterior, se va apartando cada vez más de los valores esperables, originando una serie absolutamente disparatada. A tal ejemplo, véase la figura 12, que corresponde al relleno automático de los valores faltantes en la base de datos para Ushuaia, Tierra de Fuego: 1988 a 1992.

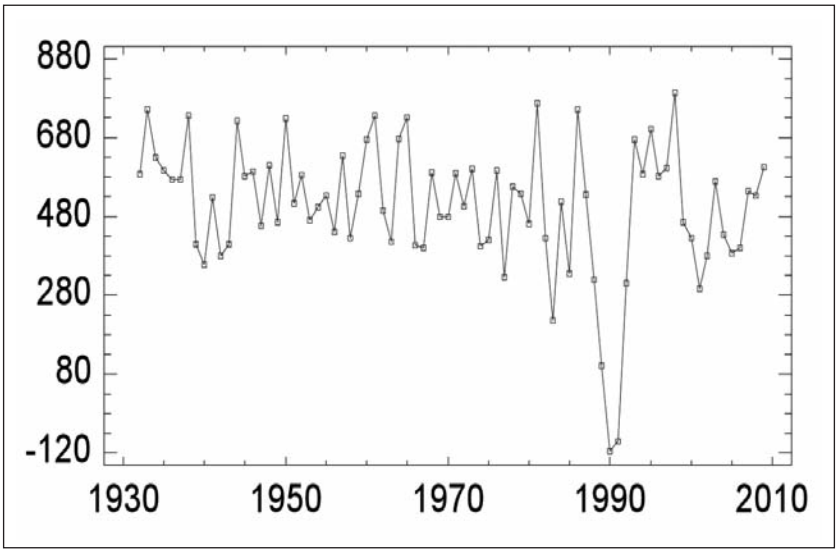


Figura 12: Ejemplo de relleno automático espurio: ¡no caben precipitaciones menores de 0!

¿Deben, pues, rellenarse los datos con anterioridad, pues de otro modo entramos en un círculo vicioso, al no poder realizarse correctamente el análisis de autocorrelación? Esta pregunta obliga a reconsiderar el tema del rellenado de valores.

Más técnicas de rellenado

Tras la preparación anteriormente citada de los datos, para las precipitaciones se ensayan bastantes técnicas de rellenado de datos, que podemos resumir del modo siguiente (Barrera Escoda, 2003):

A) Métodos univariados: sólo se tienen en cuenta los valores de la misma serie.

1) Valor anterior o posterior: en las precipitaciones arroja errores medios para España del 340% tanto con los datos anteriores como posteriores, unos errores excesivos. Por ello no se recomienda su uso, lo que, por otra parte, nadie hace.
2) Valor medio: no se recomienda para completar precipitaciones anuales (error del 30%), ni mensuales (error medio de todos los meses = 90%). Con ello se reconoce lo que a todas luces ya se sabía: las precipitaciones no entienden de meses, dado que la Luna no influye en la precipitación. Por el contrario, el ciclo anual o solar tiene más peso sobre el resultado final, aunque estadísticamente insuficiente. Al propio tiempo se pone de manifiesto que los errores son tanto mayores cuanto menor es el monto de las precipitaciones: en el caso español, durante los meses del verano[5].
3) Criterio de diferencias: válido para series con fuerte autocorrelación, no se aplica a las precipitaciones españolas. Consiste en estimar el valor faltante (por ejemplo, mayo de 1950) a partir del valor anterior (abril de 1950), sumándole la diferencia media entre este mes y el siguiente (media de los mayos de la serie – media de los abriles de la serie).
4) Modelos sinusoidales: sólo se puede aplicar si la variable en cuestión (generalmente la temperatura o la insolación, que no la precipitación) ofrece un modelo claramente sinusoidal.

B) Métodos multivariantes aplicados a la única variable de la precipitación: se toman los valores de la misma variable pero en lugares o estaciones diferentes.

[5] Pero, ¿qué pensar de los valores que se han rellenado sólo en uno o dos meses faltantes, cuando el resto del año son conocidos? ¿Cabe despreciar todo el cálculo a falta de sólo dos datos? Máxime cuando, como se admite una y otra vez, la variabilidad interanual es del mismo tenor que el total de precipitación en esos lugares. En estos casos sí soy partidario de rellenar con las medias del mes de toda la serie, máxime si no existe adecuada proximidad geográfica o estadística de otra serie.

1) Criterio de Karl: introducción en el hueco del valor de una estación próxima con alto grado de correlación lineal. Se podría aplicar a las precipitaciones. Con frecuencia se hace entre aeropuertos y observatorios urbanos cuando las ausencias son mínimas.
2) Razón normal o proporcional: se calcula el dato faltante a partir de 3 estaciones vecinas en las que sí exista el dato y con las que la serie defectuosa mantenga correlaciones altas (superiores a /0,7/ ó /0,8/).
3) Combinación lineal ponderada: calculado con unas 5 estaciones (al menos 2), la ponderación se realiza mediante el valor del coeficiente de correlación de Pearson[6].
4) Correlación lineal: con otro observatorio. Debe existir un amplio número de años en común (mínimo 5 para series termométricas regulares[7]), proximidad geográfica y similitud climatológica, así como incremento del nuevo dato a la información general.
5) Correlación múltiple (lo más frecuentemente, sólo con 2 estaciones, regresión bivariada): hay que elegir las estaciones con las que realizar el rellenado, evidentemente las que ofrecen una más alta correlación estadística, pero teniendo en cuenta la disponibilidad de datos en las fechas faltantes en la estación problema. Como el trabajo se realiza para cada mes, y los meses pueden tener valores muy dispares (aunque todos ≥ 0), los valores habrán de normalizarse. Realizadas las estimaciones, hay que deshacer el camino de la normalización para retornar a un valor expresado en unidades de altura (mm) o de capacidad/superficie (ℓ/m^2). En la práctica se ha trabajado con estaciones españolas y para una serie de 30 años, admitiendo que en ese período no se han manifestado inhomogeneidades, pues éstas ya se habían registrado con anterioridad. Y finalmente de agrega: "Los coeficientes de correlación individuales entre series de un mismo ámbito climático están comprendidos mayo-

[6] Es un método semejante al que recomienda el National Weather Service de EE.UU.A. si bien en éste la ponderación es con el inverso de las distancias al cuadrado, una vez escogidas 4 estaciones en los cuatro cuadrantes alrededor de la estación con carencia. Este último método es, en principio, más geográfico, pues prevalecen los criterios espaciales sobre los estadísticos, aunque sería deseable la combinación de ambos. Los dos modos de proceder casi se identifican en regiones isótropas, pero no en las montañosas, variadas, etc. En el caso de la ponderación geográfica se debe determinar previamente una distancia máxima para aceptar el cálculo, lo que introduce otra condición discutida. También hay autores que utilizan el mismo régimen de precipitaciones como criterio de regionalización (AA. VV., 2005).

[7] Personalmente opino que es demasiado bajo el umbral propuesto, pues en estos casos la simple casualidad puede elevar el coeficiente de correlación.

ritariamente entre $0,6 \leq r \leq 0,8$. Con un valor de $r = 0,7$, valor mínimo recomendado en la literatura para realizar completados con precipitación (González Hidalgo *et al*., 2002), que es una variable usualmente muy poco correlacionada con estaciones vecinas (Rodríguez *et al*., 1999), se consiguen rellenar bastantes huecos. Con un mayor número de series de ámbitos climáticos similares se conseguiría tener rellenados un número superior de huecos y con una mejor calidad." (pág. 34-35). En principio es un método adecuado para las precipitaciones y se encuentra disponible de modo gratuito en http://hercules.cedex.es/chac/

La correlación múltiple

La utilización de este modo de relleno de datos, al aplicar un programa que se ofrece en la red, es harto cómoda. Pero veamos con más detenimiento su uso y utilidad. No vamos a hacer hincapié en la necesidad de preparar los datos convenientemente para que el programa los pueda manejar, una tarea bastante ardua. Se termina aprendiendo a utilizarlo a base de la vieja táctica del ensayo-error. La utilización del programa implica la toma de decisiones que, en consecuencia, orientan hacia uno u otro lado el resultado final. La ciencia no es tan objetiva como a menudo se la tilda, sino que está llena de tomas de decisiones más o menos arbitrarias.

La primera es que debemos decidir cuáles son las estaciones que deben rellenarse entre sí. En definitiva, necesitamos una regionalización, ya sea estadística o geográfica *(videat supra)*. Con el fin de que sean éstos los criterios, el programa ofrece algunos valores estadísticos básicos y cartografía los observatorios, generalmente tras haber hecho introducción de las coordenadas UTM de las estaciones (aunque también se pueden dar las coordenadas geográficas, pero la representación estará reducida a una malla plana ortogonal, que no es verdadera). Cabe, pues, un criterio de proximidad geográfica o estadística. Nosotros hemos preferido el de proximidad climática, aun y sabiendo que esta regionalización no está basada exclusivamente en criterios pluviométricos, sino en la combinación de los pluvio- y termométricos. Ofrece, sin embargo, la dificultad, ya puesta de manifiesto anteriormente, de que las áreas de un mismo clima pueden estar apartadas en el espacio o disjuntas. Esto se puede ver perfectamente en el caso de Argentina, el que traemos a colación. También se generan "falsos amigos", pues el clima de altura de Köppen aúna en la misma región

estaciones como La Quiaca, Bariloche y Esquel, con distancias[8] entre sí que se exponen en el cuadro siguiente:

Estaciones	Altitudes	Distancia
Bariloche – Esquel	840 m – 785 m	189 km
La Quiaca – Bariloche	3.459 m – 840 m	2.186 km
La Quiaca – Esquel	3.459 m – 785 m	2.369 km

Nótese que la diferencia de latitud entre La Quiaca, en las inmediaciones de la frontera con Bolivia (y dentro de la zona intertropical) con las estaciones del S, es la misma que entre la Nuadibú mauritana junto a Cabo Blanco y Vigo, estaciones ambas situadas en la costa.

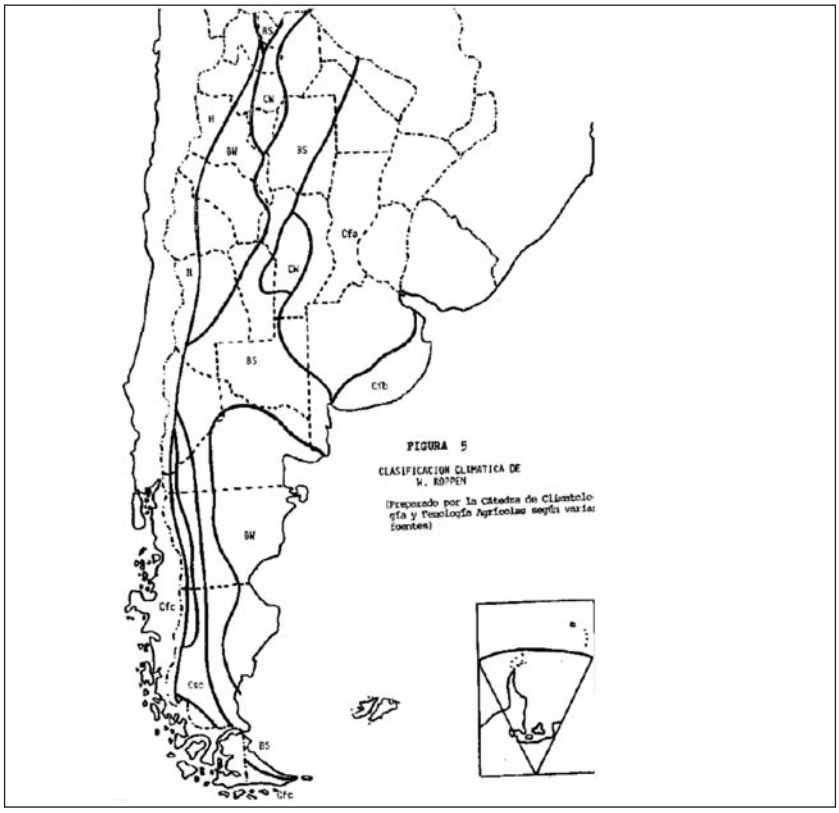


Figura 13: Mapa de las regiones climáticas argentinas según la clasificación de Köppen (Cátedra de Climatología y Tecnología Agrícolas, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad de Entre Ríos, 2010).

[8] Cálculo efectuado mediante la fórmula del coseno de Bessel, para una Tierra esférica, de círculo máximo de 40.000 km.

Obviados estos valladares queda todavía la decisión de qué umbral de afinidad estadística tomar para que se realice el rellenado, lo que se conoce en el programa con el nombre de "umbral de priorización". Ya en otro lugar se ha mencionado que las correlaciones entre estaciones pluviométricas son bajas, por lo que, si se respeta el valor que por defecto propone el programa, 0,8, el rellenado tiene poca eficacia: he aquí los resultados obtenidos para un total de medio centenar de estaciones argentinas. Dif años = número de años completados más; dif media = diferencia de la media de la serie; dif CV=diferencia del coeficiente de variación; dif CS = diferencia en el coeficiente de sesgo.

Estación	Dif años	Dif media	Dif CV	Dif CS
Villa María	1	-12,4034004	0,0299823	-0,67301725
Concordia	0	-0,00094201	-2,5531E-06	-9,2407E-05
Pehuajó	1	0,77601004	-0,00233509	-0,01263095
Buenos Aires	0	0,00135185	-3,3564E-07	-1,3861E-05
Mar del Plata	1	0,26519589	-0,00106624	-0,00355946
San Antonio Oeste	0	-0,00172424	-5,883E-07	6,5816E-05

En definitiva sólo se ha logrado completar 3 años en sendas estaciones pluviométricas.

Dado lo escaso del resultado obtenido, no nos quedaría otro camino que rebajar el umbral de priorización a 0,7, valor que por lo general se suele tomar, ante la variabilidad de este meteoro. Incluso así sólo se logra que se vean mejoradas 4 estaciones, pero en 162 años; si se continua rebajando la priorización al 0,6 ingresan en la "mejora" otras 6 estaciones con 113 años. Es fundamentalmente en estos dos casos finales cuando se completan estaciones en muchos años, que carecían de datos al inicio de la serie: al aplicar el umbral de 0,7 Ezeiza y Resistencia pasan respectivamente de 53 y 55 a 134 años completos. Al rebajar a 0,6 el mencionado umbral, la estación de General Ajo salta de 92 años a 140 completos y Dolores de 67 a 110 completados. Pero, como se ve la afección es a parejas que se completan por complementariedad.

Para finalizar también se ha tenido que optar por un exponente de priorización. Tal exponente (por defecto 0,1) es un dato que se introduce para ponderar la importancia que tiene en el completado el número de datos comunes entre las estaciones.

Recuérdese lo que antes se exponía: "con un mayor número de series de ámbitos climáticos similares se conseguiría tener rellenados

un número superior de huecos y con una mejor calidad", comenta el autor del protocolo de completado de variables climáticas (*op. cit.*, pág.35), lo que trasluce cierta insatisfacción.

Podemos sacar en conclusión que, siendo un proceso automático, aunque haya que decidir sobre ciertos parámetros, la rapidez del cálculo permite numerosos cambios si el resultado no es del todo adecuado, lo que tendremos que considerar nosotros. No obstante, no excluye otros ensayos, pues habría que demostrar la mayor conveniencia de este método respecto de otros más sencillos mediante las validaciones.

C) Métodos multivariantes: se aplican a varias variables

1) Análisis de regresión lineal múltiple: Se trata de estimar el comportamiento de una variable a partir de los datos conocidos de otras, con las que la variable buscada ofrezca buenas correlaciones. Con versiones disponibles en la mayor parte de los paquetes de programas de estadística, se descarta por inadecuado para las precipitaciones.
2) Análisis de componentes principales: también se abandona por inapropiado. Además, con frecuencia las variables independientes tampoco están disponibles cuando se carece del dato dependiente. Un buen ejemplo es el de las temperaturas máximas y mínimas para hallar las temperaturas medias. No es el caso de las precipitaciones.
3) Modelización física: Se trata de buscar relaciones empíricas de base física que expliquen el comportamiento de las precipitaciones. "Para la [..] precipitación […] no se ha podido probar ninguna ecuación, porque no existe ninguna expresión analítica conocida que englobe todos los parámetros y variables de las que depende[n]." (pág. 41) He aquí una clara alusión a la impredecibilidad de las precipitaciones o lo que es lo mismo, su aleatoriedad.

Los controles de calidad de los datos

Tampoco debe ocultarse otras dificultades de las bases de datos. Los de precipitación de la fuente llamada GHCN (*Global Historical Climatology Network*) están sometidos a una serie de controles de calidad en los que se intenta desechar los datos erróneos, originados fundamentalmente por fallos en la captura digital o por tecleo. No obstan-

te, si bien en la página oficial de esta fuente se citan sólo estos errores, también en ella, especialmente en la reservada a las temperaturas, se menciona la exposición de los métodos seguidos en la homogeneización "para disminuir el efecto de los factores no climáticos en las series temporales", obligados por las dos causas fundamentales de inhomogeneidad: "cambios de localización de la estación e introducción de nuevos termómetros[9]" (ambas citas literales de Peterson y Vose, 1997, pág. 2838), aunque más adelante en el mismo documento se exponga "cambios en los instrumentos, en las garitas, en las inmediaciones de la garita, en la localización de la estación, en el tiempo de observación, y en el método de cálculo de la temperatura media" (*ibid*., pág. 2844).

Básicamente, de acuerdo con la página oficial, los métodos son los siguientes:

1) Realización de la curva acumulada, lo que a menudo se denomina también curva de masa, en la que se ve si las medias anuales sufren notables cambios. El sistema, según las fuentes anteriormente expuestas, sería más adecuado si se trabajase con curvas de dobles masas[10], en las que habría que comparar la estación problemática con otra definida previamente como fiable. Aquí radica también la debilidad del método: ¿cómo determinar que una estación es fiable? Y sobre todo, ¿hasta qué entorno puede extenderse su fiabilidad? Pues con frecuencia las estaciones fiables, buenos observatorios con lecturas de series largas de tiempo, no están omnipresentes, lo que dificulta la extensión de sus condiciones a lugares alejados. Como ya se ha visto, una posible superación del obstáculo consiste en realizar una serie media representativa de un área, lo que tampoco está exento de dificultades.
2) También se realiza la misma prueba, el mismo *test*, para la varianza.
3) Igualmente se contrastan los valores para evitar que 3 o más meses consecutivos tengan el mismo valor, que no sea cero.
4) Otros *tests* no paramétricos, para descubrir si se trata de un *outlier* (Peterson *et al*., 1998): con el uso de la desviación estándar biponderada, todo valor que supera 2,5 σ (desviación están-

[9] Los trabajos a los que alude la fuente GHCN son eminentemente de temperaturas, haciéndose extensibles a las precipitaciones.

[10] Como se puede observar, es frecuente confundir la prueba de homogeneidad con los controles de calidad. Existen otras pruebas de inhomogeneidad, disponibles en el paquete AnClim, un *software* libre debido a Peter Štepánek accesible en http://www.sci.muni.cz/~pest/.

dar) biponderada, aunque esto se aplica a temperaturas y nada se dice específicamente de las precipitaciones; los valores sospechosos de error se ponderan espacialmente (se comparan con los inmediatos [aunque se desconoce con cuántos, pues sólo para las temperaturas se habla de los 5 más cercanos, expresados a partir de las desviaciones estándar biponderadas, y hasta qué distancia, aunque la elección realizada previamente a favor de la malla de 5º por 5º parece posible, si bien esto no es más que una suposición mía, toda vez que en el ejemplo que citan los autores se superan ampliamente los 200 kilómetros [11]]); en cualquier caso quedan descartados los que superan las 5 σ, sin otras determinaciones; y finalmente, existe un *test* espacial de control de calidad de los datos que, partiendo del valor normalizado de la temperatura (entre 2,5 y 5 σ) establece el umbral de aceptación sólo con uno de los datos de los quintantes cuando éste iguale o exceda entre 1,6 y 1,9 σ en el mismo sentido que el valor sospechoso.

El Servicio Meteorológico Nacional (SMN) de México también utiliza un sistema de banderas agregadas a los datos climatológicos para calificar su bondad (Quintas, Rosengaus y Larios, 2007), de tal manera que sea el usuario el que decida la utilización y el sentido de los datos marcados. El control de calidad viene impuesto por:

a) verificación de la congruencia espacial
b) verificación de la congruencia temporal
c) verificación de la homogeneidad de la serie

Para la primera tarea y las precipitaciones no se pudo aplicar la norma de las temperaturas: uso de las correlaciones de Pearson superiores a 0,65 con los 50 vecinos más próximos (dentro de un radio de 50 cha [12]) sino que hubo que reducir el umbral a 0,50, dadas las caractrísticas de la variable. Sólo el 52% de las estaciones cumplen esta premisa (casi 2.900 estaciones, del total).

---

[11] Insisto en que se habla de temperaturas medias mensuales, que son más fácilmente extensibles en el espacio. Por otra parte, piénsese en el caso del fondo de una cubeta con inversión térmica, en la que las estaciones más cercanas estuvieran a mayor altitud… Para las precipitaciones, los 200 km de distancia en áreas montañosas hacen inútil este cálculo. Tampoco se especifica si las estaciones de ponderación están situadas cada una en uno de los 5 "quintantes", en cada uno de los 5 sectores en los que pudiéramos dividir el área cercana a la estación problemática. ¿No sería en algún caso más adecuado utilizar una ponderación por la altitud? Parece que aquí toda secuencia automática de comandos no hace sino trasladar el problema, que no resolverlo. Efectivamente en el ejemplo expuesto en la tabla II del artículo reseñado (pág. 1176) al final se opta por una consideración subjetiva. Una vez más el ser humano se hace imprescindible para la toma de decisiones. En definitiva, tras los numerosos filtros automáticos, la decisión es personal.

[12] *Sic* en el original.

Con frecuencia las rectas de regresión de relación entre estaciones no pasan por el origen cuando en otra estación la precipitación es nula: implicaría tener que utilizar todo un haz de rectas, según las situaciones...

Para cada día se estimaron los valores a partir de los vecinos, cuando éstos existen:

a) El coeficiente de ponderación es proporcional al coeficiente de correlación e inversamente proporcional a la distancia entre las estaciones.

b) El coeficiente de ponderación es simplemente la inversa de la distancia.

c) Se utiliza el criterio de la inversa de la distancia, pero el valor de la estación predictora es corregido con un coeficiente de amplificación calculado como el cociente entre las precipitaciones promedio de ambas estaciones.

Las banderas se producen en valores relativos al monto de la precipitación, algo más real que en el caso de las temperaturas que no se anulan sino que pueden tener valores negativos.

Valor máximo mensual aceptado de precipitación = 4*(P75% - P25%)

También se mide la variación del monto mensual respecto de la media plurianual y su desviación típica: no ofrece sino la anormalidad, que no la incorrección del dato.

Finalmente para la homogenización se prevé la utilización de la prueba estándar de homogeneización normal (SNHT) propuesta por Alexandersson, y alguna otra.

Se cita el origen de los problemas de homogeneización que se resume en la siguiente tabla.

Tipo de error	Causa atribuida
errores aislados (outliers)	error del observador o al momento del registro
saltos en la media (escalón)	cambio en la posición de la caseta, el procedimiento
variación sostenida (rampa)	efecto de la urbanización o la vegetación

Para la base de datos GHCN se afirma: "*our approach to adjusting historical data is to make them homogeneous with present-day observations, so that new data points can easily be added to homogeneity-adjusted time series*." (*ibid*., pág. 2845). Esto implica que se ajusta a lo presente, desvirtuando la propia finalidad del trabajo que es el estudio del cambio climático. Porque, en tal caso, ¿no se destruyen las pruebas del mismo si éstas viniesen ejercidas por valores extremos? Estamos

pues intentando probar una catástrofe pero minimizando el catastrofismo, lo que se podría interpretar como que si, eliminados los valores extremos, todavía se nota el cambio, resulta éste aún más innegable, pues sería derivado de una evolución, que no de hechos esporádicos "revolucionarios".

Otro de los obstáculos más complejos que existen, es que mientras las temperaturas, expresadas en grados centígrados o Fahrenheit, poseen valores negativos, las precipitaciones, no. Así ocurre que la propia noción de desviación estándar se ve comprometida, pues puede alcanzar a unos hipotéticos valores inferiores a 0, lo que es irreal. Tampoco parece lógico usar la desviación estándar cuando se conoce con altísima probabilidad que la distribución de las precipitaciones no responde a la normalidad. Estamos, pues, en una gran carencia de información con la que podamos interpretar los datos.

El GHCN en su versión actual 2 afirma que, para las temperaturas, dispone de datos para 876 celdas o *boxes*, en realidad espacios de la superficie esférica de la Tierra delimitados por paralelos y meridianos de 5º en 5º, apuntándose una victoria frente a la anterior base de datos de Jones (versión 1), que sólo llegaba a 779, pero omite que el total de espacios en la Tierra es de 2.592, luego los datos disponibles afectan, en un simple cálculo, sólo al 33,8% de los espacios terráqueos, esto es, a los terrestres por continentales e insulares. Para el caso de las estaciones pluviométricas, cuyo número supera con creces a las termométricas, no tenemos, sin embargo, datos concretos de la representatividad espacial. A pesar de la aparente victoria, no se nos escapa que una única estación en un *box* sería suficiente para que éste esté relleno, independientemente de la posición que ocupe la estación dentro del trapecio (triángulo, en el caso de que uno de sus vértices sea el Polo) sobre la esfera pertinente. Es más, la cercanía entre dos estaciones que, no obstante, se hallen en dos *boxes* distintos, y con valores de precipitación próximos, extendería los mencionados valores a áreas bien lejanas. Este es, sin embargo, un fruto de la escasez de datos originales, un problema de gran dificultad de solución, pero que no debe olvidarse, aunque, técnicamente, se haya resuelto mediante el uso de la malla. Un hipotético caso extremo está representado en la figura 14. Las localizaciones reales están representadas como puntos llenos, los distribuidos regularmente como puntos huecos, con un máximo de desviación equivalente a la mitad de la longitud de la diagonal de la

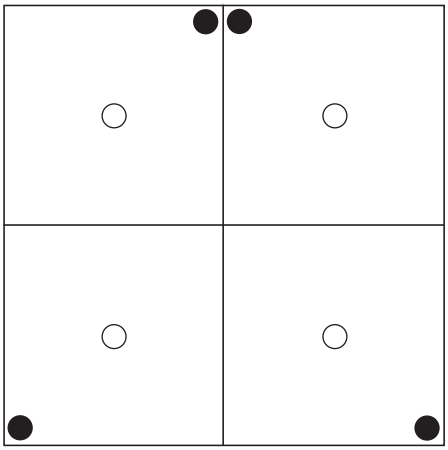


Figura 14: Distribución real (puntos llenos) y modelizada (puntos huecos) de las estaciones de toma de datos en una malla.

malla. Pero las isolíneas que se generan en cada caso son harto diferentes.

Pero en el caso de la precipitaciones la inmensa cantidad de celdas que no están cubiertas por ningún dato son achacables casi exclusivamente a la oceanidad. No existen datos de los océanos, que ocupan aproximadamente el 75% de la superficie de la Tierra. Hoy se ha querido obviar esta carencia mediante el cálculo o la estimación de la lluvia a partir de la OLR (*Outgoing Longwave Radiation*, Liebmann y Smith, 1996), especialmente en las bajas latitudes donde los valores bajos de OLR denotan convección, mucho calor expulsado. ¿Hasta qué punto son yuxtaponibles estos datos a los obtenidos en las estaciones pluviométricas?

El comentario a la diversidad de versiones del GHCN, en cuanto a las temperaturas, ha sido muy duro por la demostración de valores arreglados desde la versión 1 a la 2 de tal modo que en esta segunda los incrementos de temperatura son mayores (D'Aleo y Watts, 2010) o simplemente entre diferentes momentos de captura (en 2004 y 2010) de datos en la versión 2, como en el caso de la Base de las Orcadas argentina en las proximidades de la Antártida (Sanz Donaire, J. J., 2010). Para las precipitaciones que ahora comentamos también se ha notado algún cambio, si bien no en el sentido mencionado para las temperaturas, sino en la inclusión de valores que anteriormente habían sido omitidos. Así se puede afirmar que las actualizaciones de la ver-

sión 2 aportan un mayor número de datos, aunque no quede claro el porqué de dicho incremento.

Dificultades adicionales y posibles soluciones

No acaba aquí la dificultad para construir una serie sobre la que empezar a trabajar en las tendencias o los períodos secos y húmedos. ¿Qué hacer cuando una estación se interrumpe y es sustituida por otra cercana?

Para el caso de la Córdoba argentina, se tenía una larga serie del observatorio (1873 a 2003) y una más corta del aeropuerto (1951-2009). Decidí completar los valores del observatorio, para lo que se obtuvo el coeficiente de determinación para los años comunes (0,58) y mediante la expresión analítica de la correlación se calculó los datos para 2004 a 2009. Respecto de otros métodos, como la simple adición de los datos (criterio de Karl), esa práctica arroja una diferencia en la media de todo el período registrado de 2 mm (< 0,3%). En general, el observatorio registra valores ligeramente más bajos que el aeropuerto.

Y vuelvo a un tema recurrente: ¿cómo tratar la inhomogeneidad? Personalmente soy poco partidario de tratarla, por la razón anteriormente aducida. Inhomogénea es una serie que no responde a una única población. Pero, ¿y si, en la realidad, las precipitaciones son debidas a diversos mecanismos con preponderancia relativa según las épocas? El hecho de que, estadísticamente, se pueda afirmar menos de una muestra inhomogénea que de otra homogénea no debe ser criterio dominante, ni menos aún, excluyente. En todo caso, investíguese para trabajar con estas muestras, que no fíltrense las mismas hasta que el resultado se ajuste a un modelo. Los modelos deben ajustarse a la realidad que no al contrario. El problema, efectivamente, es el mismo que el que se suscita en el análisis mecánico de una muestra sedimentológica que esté compuesta de granos calcáreos cementados con carbonato cálcico, pues al tratar de separar los granos eliminando el cemento – mediante el uso de un ácido eficaz- se tiene un altísimo riesgo de atacar concomitantemente a los granos que son los objetos del estudio. De ahí la necesidad de utilización de una técnica no destructiva, aunque ello implique la imposibilidad de medir cada uno de los granos de modo independiente. Pienso que en nuestro caso, por analogía, este tratamiento equivale

a la no homogeneización, dado que ello implicaría borrar una de las posibles pruebas del cambio climático. Como sugieren Möberg y Jones (2005), sólo debería trabajarse con el signo de la tendencia y los cambios relativos, que no dar crédito a los resultados numéricos. Sin embargo dificulta, creo, aplicar una significación estadística a los resultados.

Con estas afirmaciones no pretendo que no se realice una labor de homogeneización cuando se haya puesto de manifiesto que exista heterogeneidad, sino que, en aplicación del principio de inocencia, los datos hay que someterlos a un contraste que, de no arrojar evidencia de su falta de homogeneidad, se dejan como originales.

No obstante, el proceso de homogeneización, en el que apenas hemos entrado, contiene tal cantidad de nuevas decisiones que el investigador se puede plantear si el resultado final no es más fruto de su voluntad de homogeneización que de la realidad. Esta práctica arroja la íntima satisfacción humana por enmendar lo torcido, por recrear lo defectuoso, para lo cual debe existir un patrón de muestra, que puede variar según momentos y contextos. Valga mi postura inicial de mantener "el culto al dato", mientras no se demuestre lo contrario.

Detrás de la práctica de la homogeneización se halla una postura filosófica, que desde el cientifismo conduce a Hegel, un idealista, que a su vez retrotrae a Platón: la realidad no existe sino como sombras de una idea, cuya descripción debe hacerse a través de las matemáticas. Buen ejemplo de lo dicho es el adagio latino *simplex sigillum veri* (que podría traducirse por "la simplicidad es la marca, el sello, de la verdad"). Y esa simplicidad tiene una expresión matemática, que hoy llamaríamos modelo.

A modo de apoyatura de lo que acabo de comentar, he aquí lo que sucede a los datos de precipitación de series largas españolas, antes y después de la homogeneización (sin relleno de lagunas, y con él), datos españoles tomados del trabajo publicado en el INM de Almarza *et al*. (1996). Las variaciones son notables, incluyendo paso de pendientes positivas a negativas, con significación o no, según las estaciones de referencia …

Estación	Sin homogeneizar		Homogeneizada y rellena		Homogeneizada	
	pendiente	valor *p*	pendiente	valor *p*	pendiente	valor *p*
Albacete	-0,122713	0,6164	-0,092834	0,6785	-0,122713	0,6164
Alicante	0,697121	0,1418	0,697161	0,1418	0,697161	0,1418
Barcelona	0,505677	0,1086	-0,165983	0,6061	-0,104796	0,7486
Badajoz	-0,753943	0,0576	-0,045175	0,889	-0,134298	0,6894
Bilbao	0,146204	0,7177	0,118968	0,7839	0,16095	0,6907
Burgos	0,312683	0,2674	0,297201	0,2758	0,312683	0,2674
Ciudad Real	0,57088	0,2169	0,408773	0,2839	0,57088	0,2169
Coruña	0,857027	0,3388	1,00624	0,2556	1,00624	0,2556
Huesca	0,0461947	0,8912	0,0334015	0,9214	0,0334015	0,9214
Izaña	0,66685	0,5822	0,66685	0,5822	0,66685	0,5822
Logroño	-0,442496	0,2794	-0,348044	0,379	-0,442496	0,2794
Madrid	0,3075	0,1703	0,311057	0,164	0,30737	0,1703
Mahón	-0,78151	0,0369	0,285265	0,3125	0,270248	0,4029
Málaga	-0,391149	0,4834	-0,141568	0,758	-0,391149	0,4834
Murcia	-0,605057	0,0241	0,0685695	0,7697	0,0771554	0,7448
Palma	-0,344868	0,1969	0,131928	0,585	0,135661	0,5751
Pamplona	0,354302	0,771	1,0592	0,0838	1,0047	0,1138
San Fernando	-1,35051	0,001	0,146265	0,6556	0,177533	0,6119
San Sebastián	2,81597	0,0007	0,539819	0,5413	0,611059	0,4831
Sta Cruz de T.	-0,786992	0,227	-0,786992	0,227	-0,786992	0,227
Sevilla	-0,03182	0,9598	-0,095861	0,8806	-0,03182	0,9598
Toledo	-0,116202	0,7539	0,305515	0,3244	0,329573	0,2882
Tortosa	0,458049	0,3572	-0,017396	0,9727	-0,017396	0,9727
Valencia	-0,083939	0,8393	-0,080597	0,8445	-0,086633	0,8342
Zaragoza	0,201403	0,3223	0,166106	0,3997	0,201426	0,3222

En la figura 15 puede verse que la homogeneización de los datos de Barcelona se ha logrado mediante el incremento de los datos iniciales (1850 a 1916) de tal modo que la línea de tendencia de los datos homogeneizados no posee pendiente, frente a lo que ocurría con los datos originales. Esta decisión obedece a que la serie construida es fruto de la adición de los datos del observatorio de la Universidad en el primer período y del observatorio de Fabra para el resto y había que unificarlos sobre la base de que el valor medio de las razones entre la precipitación en ambas estaciones en el período común (1917-1936) es

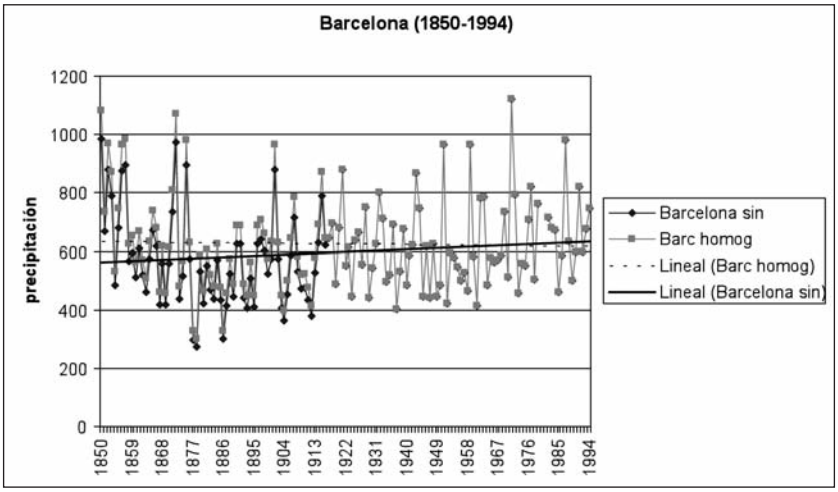


Figura 15: Comparación de las series sin y con homogeneización de Barcelona, con sus respectivas líneas de tendencia.

de 1,05. Como se ve se han mantenido los datos finales (se admite que en la actualidad se toman con una mayor precisión, y son los antiguos los que han de ajustarse a la modernidad). Las consecuencias del tratamiento son evidentes: los datos han ganado en uniformidad, pero ¿responde esto a la realidad?

El caso de Mahón (Figura 16)
Los datos reconstruidos son los 1865 a 1968 ambos inclusive.

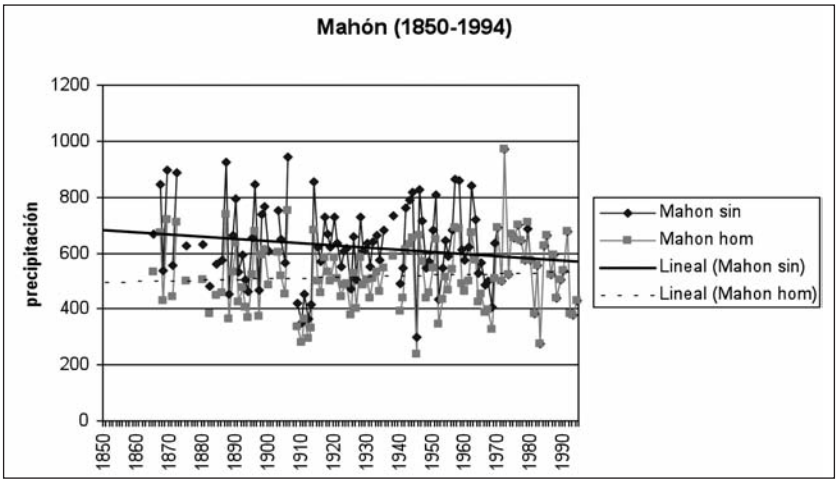


Figura 16: La estación menorquina de Mahón con datos originales y homogeneizados.

Se ha realizado un gráfico de relación de los valores originales de precipitación en Mahón y su ulterior transformación, arrojando, como cabía esperar, un ajuste perfecto a razón de la ecuación de la recta que relaciona ambas variables (Figura 17).

Figura 17: Relación entre los datos originales y transformados en Mahón

Como en el caso anterior, se debe haber realizado el ajuste a tenor de la heterogeneidad (inhomogeneidad), porque la serie está construida con los datos iniciales del observatorio y, desde 1970, los del aeropuerto.

El ejemplo de Palma de Mallorca (Figura 18)
Los datos transformados son entre 1962 y 1938 ambos inclusive.

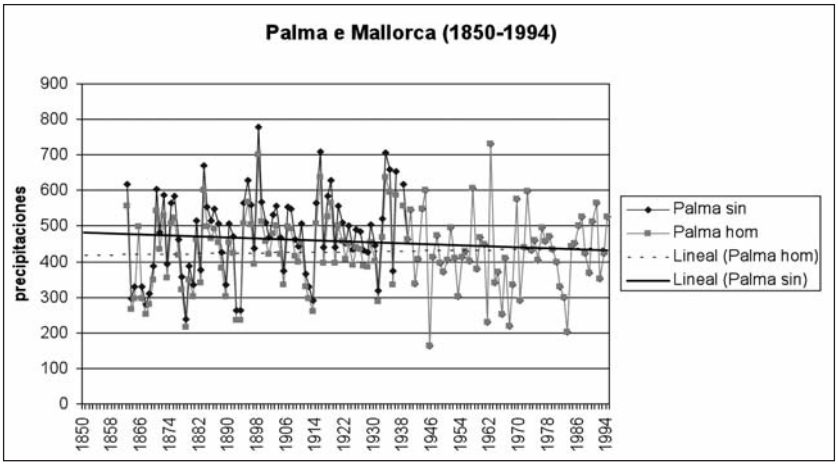


Figura 18: La estación dce Palma de Mallorca en datos originales y homogeneizados.

A modo de conclusión

No seré yo quien acepte sin titubeos el demoledor adagio de Richard Feynman, Premio Nobel de Física en 1965, que dice: "*Science is the belief in the ignorance of experts*" ("la ciencia es creer en la ignorancia de los expertos"). No obstante, los procesos a los que se somete la adquisición de datos y, más específicamente, la elaboración de los mismos, están condicionando los resultados que se obtendrán. Así resulta de un peso absoluto el tratamiento que se les dé, en el en apariencia inocente rellenado de lagunas – algo casi inevitable cuando los datos se prolongan a lo largo de muchos períodos decadales y aún seculares, los únicos capaces de arrojar luz sobre el problemático "cambio climático" actual –, y acondicionamiento de los datos para un estudio serio. Estas preparaciones están plagadas de decisiones que guían hacia unas metas u otras. Se precisa, pues, de unos objetivos claros que determinen el método (al fin y al cabo y en el sentido literal, "camino" que debe conducir a un destino) sin que pueda afirmarse un manejo único de los datos para todos los casos. Mientras que para la caracterización del clima de una región puede estar justificada y hasta ser totalmente necesaria la homogeneización de los datos tomados de un modo discontinuo y aislado en diferentes localidades a efectos de construir una serie que abarque un territorio más o menos extenso, en los estudios de cambio climático se pondrá especial énfasis en no destruir la prueba del posible cambio climático mediante la homogeneización de la serie, una labor que precisa de una serie de referencia, y la aplicación de claros criterios de decisión de cuál ha de ser la desviación respecto de la anterior, para declarar la heterogeneidad (inhomogeneidad). Y todos sabemos lo difícil que es establecer límites en un hipotético, y muchas veces real, *continuum*, a pesar de los denodados esfuerzos para localizarlos, una tarea plenamente científica, pero expuesta a continua revisión. En cualquier caso debe exponerse la metodología usada, así como su justificación, y permitir el debate – la acogida como el rechazo – por la comunidad científica. La responsabilidad del autor no debe obviarse ejerciendo una inadecuada censura, por mor de salvaguardar unas normas comúnmente aceptadas. Si éstas fueran inamovibles no cabría el avance de las ciencias. Si, para diluir las consecuencias de las posibles marras, los políticos exigen al práctico, a veces forzadamente, una cifra para actuar porque "mientras Roma discute, Sagunto perece", al científico se le debe exigir rigor en sus estudios, y no que tenga que decir algo, sino algo que decir.

BIBLIOGRAFÍA

AA.VV. (2005): Guía metodológica para la elaboración del mapa de zonas áridas, semiáridas y subhúmedas secas de América Latina y El Caribe, PHI Unesco-Cazalac, 59 págs.

ALEXANDERSSON, H. y MÖBERG ,A. (1997): Homogeneization of Swedish Temperature Data. Part 1: Homogeinity Test for Linear Treds. *Int. J. Climat*. 17, págs 25-34.

ALMARZA MATA, C., LÓPEZ DÍAZ, J.A. y FLORES HERRÁEZ, C. (1996): *Homogeneidad y variabilidad de los registros históricos de precipitación de España*. INM, Ministerio de Medio Ambiente, Madrid, 318 págs.

ARUMÍ, J. L., JARA, J. y SALGADO, L. (2000): *Análisis hidrológico*. En : *Curso de formulación de proyectos de aspersión para la ley Nº 18.450*. Temuco. 10-28 julio. Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA), Centro Regional de Investigación Carillanca. 46 págs.

BARRERA ESCODA, A. (2003): Técnicas de completado de series mensuales y aplicación al estudio de la influencia de la NOA en la distribución de la precipitación en España. Trabajo para la obtención del DEA. Departamento de Astronomía y Meteorología. Universidad de Barcelona, 95 págs.

D'ALEO, J. y WATTS, A. (2010): *Surface Temperature Records: Policy Driven Deception?*, SPPI, Haymarket (Virginia), 111 págs.

GONZÁLEZ HIDALGO, DE LUÍS J. C. M., ŠTĚPÁNEK P., RAVENTÓS J.y CUADRAT J. M. (2002): Reconstrucción, estabilidad y proceso de homogeneizado de series de precipitación en ambientes de elevada variabilidad pluvial. En Cuadrat J. M., Vicente S. M. y Saz M. A. (eds.): *VII Reunión Nacional de Climatología: La información climática como herramienta de gestión ambiental*, págs. 47-57. Universidad de Zaragoza, Zaragoza.

LIEBMANN, B. y SMITH, C.A, (1996): Description of a Complete (Interpolated) Outgoing Longwave Radiation Dataset. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 77, 1275-1277.

MÖBERG, A. y JONES, P.D. (2005): Trends in indices for extremes in daily temperature and precipitation in Central and Western Europe. 1901-99. *Inter. J. Climat*., 25, págs. 1149-71.

PETERSON, T. C. Y VOSE, R. S. (1997): An Overview of the Global Historical Climatological Network Temperature Database, *Bull. of the Amer. Meteorol. Society,* vol. 78, nº 12, pp. 2837-49.

QUINTAS, I., ROSENGAUS, M. Y LARIOS, R. (2007): *Control de calidad de los datos climatológicos del SMN* . Memoria del Congreso 20071116-01, XVI Congreso Mexicano de Meteorología, Ed Internacional, 12 al 16 de nov/2007, Veracruz, México, 19 págs.

RODRÍGUEZ, R., M. C. LLASAT y D. WHEELER (1999): "Analysis of the Barcelona precipitation series". *International Journal of Climatolology*, 19, págs. 787-801.

SAIH (2008): *Informe pluviométrico mensual SAIH. Metodología de elaboración del Informe*, Ministerio de Medio Ambiente, Medio Rural y Marino, Secretaría de Estado de Medio Rural y Agua, Dirección General del Agua, Madrid, 23 páginas.

SANZ DONAIRE, J. J. (2000): *A propósito del cambio climático: una "nueva" definición de clima*, págs 285-294, en Manero, F. (ed.): *Espacio natural y dinámicas territoriales. Homenaje al Doctor don Jesús García Fernández.* Valladolid, Universidad deValladolid, 694 págs.

SANZ DONAIRE, J. J. (2007): El índice xerocórico. Un indicador geográfico de la sequía pluviométrica (España y Polonia). *Estudios Geográficos,* CSIC, Madrid, vol. LXVIII, nº 263, págs. 679-708.

SANZ DONAIRE, J. J. (2010): *Análisis crítico de las series estadísticas sobre el cambio climático*, págs. 31-65, en Velarde Fuertes, J.: *Cambio climático y retos energéticos*, Instituto de España, Madrid, 97 págs.

SANZ DONAIRE, J. J. (en prensa): Tendencias de la precipitación sobre Argentina (1871-2009), Madrid, *Boletín de la Real Sociedad Geográfica*, Madrid, 12 págs.

http://hercules.cedex.es/chac/

ŠTĚPÁNEK, P. (2007): *AnClim - software for time series analysis (for Windows)*. Dept. of Geography, Fac. of Natural Sciences, Masaryk University, Brno. 1.47 MB.

SITUACIÓN ACTUAL Y PROYECCIONES FUTURAS DE LAS DISPONIBILIDADES HÍDRICAS EN LA COMUNIDAD DE MADRID

Por
Felipe Fernández García, Alfredo Millán López,
Encarna Galán Gallego y Rosa Cañada Torrecilla

INTRODUCCIÓN

La gestión del agua ha sido un problema recurrente en el mundo mediterráneo en el que las precipitaciones muestran una elevada variabilidad interanual, una clara estacionalidad, con un verano seco en la mayor parte de las zonas, y notables diferencias espaciales en función de factores geográficos locales. Todo ello ha determinado que, desde muy antiguo, el rasgo cultural más característico del mundo mediterráneo sea el regadío y todas las obras hidráulicas de regulación y almacenamiento del agua, que le acompañan. En la actualidad este problema se ha agravado debido a la demanda creciente en las grandes aglomeraciones urbanas, a la implantación de nuevos regadíos y a los nuevos usos por parte de sectores económicos como la industria y los servicios. A todo ello se unen las previsiones del cambio climático, que afectará a la disminución de las disponibilidades hídricas a la vez que aumentará la variabilidad e irregularidad de la pluviometría.

El problema del agua, según el Informe de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos en el Mundo, será uno de los retos más importantes a los que deberá enfrentarse el mundo a lo largo del siglo XXI y este problema será especialmente grave en nuestro país donde numerosos estudios indican un descenso de los recursos hídricos en la mayoría de las cuencas hidrográficas que puede alcanzar el 17% para mediados del presente siglo (MIMAM, 2000). Esta disminución afectará a numerosos ecosistemas naturales, a la producción

agrícola y otras actividades humanas, pero será especialmente notable en las zonas urbanas.

La Comunidad de Madrid se ha configurado como una "región metropolitana" en la que el consumo en los hogares y servicios urbanos, constituyen las principales demandas de agua. En la actualidad, el aumento constante de su población (más de seis millones de habitantes en 2008) y los efectos previsibles del cambio climático, determinan la necesidad de estudiar las medidas que permitan garantizar el abastecimiento de agua, así como a planificar de forma realista los nuevos desarrollos urbanos. Este es el escenario de la investigación del proyecto PRODESTCAM (*Programa de desarrollo territorial y gestión del agua en la Comunidad de Madrid*), que se está desarrollando en la Universidad Autónoma de Madrid y la Universidad Rey Juan Carlos por un grupo interdisciplinar de geógrafos y juristas, en el marco del programa de investigación financiado por la Comunidad. El Programa tiene como objetivo básico el estudio de la incidencia del cambio climático en el ámbito de la Comunidad de Madrid en dos sectores claves e interrelacionados: la disponibilidad y el buen estado ecológico de los recursos hídricos y el desarrollo de la urbanización. Se enmarca en este ámbito novedoso de la *adaptación* al Cambio Climático, desde una perspectiva multisectorial, al proyectarse sobre dos sectores específicos, los recursos hídricos y la ordenación del territorio y el urbanismo. En todo caso, los impactos del cambio climático sobre los recursos hídricos no sólo dependen de las aportaciones procedentes del ciclo hidrológico, sino que también intervienen la adecuada gestión de la demanda. Por ello el estudio se desarrolla a partir de una doble vertiente: la climatológica, que aportará la definición de la situación actual y de un futuro próximo de nuestra Comunidad y la jurídica, que analizará el ordenamiento jurídico actual y formulará propuestas para su reforma a la luz de los resultados obtenidos y en el marco del desarrollo de lo establecido en la Directiva Marco del Agua.

En las notas que siguen presentamos algunos de los resultados obtenidos en el aspecto climático y que se concretan en el análisis de los cambios proyectados en los principales componentes del ciclo hidrológico, en las principales cuencas hidrográficas de donde proceden los recursos hídricos actuales y la integración de estas variables climáticas en un Sistema de Información Geográfico, a fin de facilitar la gestión del déficit y superávit hídricos actuales y futuros en su relación con otros factores geográficos relacionados con la demanda.

I. FUENTES Y EL MÉTODO

Datos climáticos: Se han utilizado dos tipos de fuentes: las referidas al clima actual (datos observados) y las proyecciones del clima a lo largo del siglo XXI. En el primer caso, se utilizan la información climática procedente del Sistema de Información Geográfico Agrario (SIGA) y la base de datos de precipitaciones diarias, elaborada por la AEMET y el grupo de Meteorología de la Universidad de Cantabria (S. Herrera et alt, 2009). En total se han utilizado 59 puntos (Figura 1) de observación climática, situados en la CAM y en las áreas próximas, asociados a un modelo de elevaciones, con una resolución de 25 metros (Allende et alt, 2010).

Los datos estimados proceden de la base de datos creada en el marco del proyecto PRODESTCAM, a partir de las simulaciones realizadas por el Grupo de Modelización Atmosférica Regional de la Universidad de Murcia, utilizando el modelo MM5. En esta investigación nos hemos circunscrito a los datos del escenario A2, en los horizontes temporales 2021/2030 y 2051/60.

Método de estudio.- Dos son los apartados fundamentales: el primero la estimación de los recursos disponibles en diversos puntos de observación y, el segundo, la modelización espacial de los mismos.
En el primer caso partimos del concepto de "lluvia útil", definido como la diferencia entre la Precipitación anual y la Evapotranspiración potencial, que ha sido utilizado por varios autores (Fernández et alt. 1996; Cañada et alt (2010) como el parámetro más representativo de los recursos disponibles. Sin embargo, en una zona como la Comunidad de Madrid, cuyo clima se caracteriza por una clara estacionalidad en las precipitaciones y las temperaturas, considerar sólo los valores anuales puede enmascarar una realidad más compleja, cuyo rasgo más destacable es la existencia de un periodo frío y lluvioso, en el que se producen excedentes hídricos, frente a otro cálido y seco en el que la escasez es el rasgo dominante. Por ello consideramos más adecuado la utilización del balance hídrico, como método más adecuado para la evaluación de los recursos y su evolución futura. El balance se realiza a escala mensual y para un periodo concreto, por lo que la primera acción a realizar ha sido calcular los regímenes medios mensuales y anuales de precipitación y temperatura en el periodo 1971-2000, representativo del clima actual y en 2021-2030 y 2051-2060.

A continuación se ha obtenido el déficit y excedente hídricos, resultantes de aplicar el balance de agua mensual. Este balance comienza con el Cálculo de la Evapotranspiración Potencial (ETP) a escala mensual y anual, según el método de *Thornthwaite* y la obtención de la evapotranspiración real (ETR). Las variables de entrada, requeridas por el modelo, son: temperatura, precipitación mensual y latitud del lugar, a partir de las cuales se obtienen la ETP o evapotranspiración potencial en mm de un mes determinado; la evapotranspiración real (ETR), considerando la proporción de agua infiltrada, en función de la capacidad de retención del suelo, que en nuestro caso se ha considerado de 100 mm; el déficit y el superávit o excedente mensuales, son el resultado final de este balance. Los cálculos se han realizado con una aplicación informática elaborada por Rasilla y Fernández, siguiendo la metodología descrita en Fernández García (1995).

La información generada en el apartado anterior es una información puntual, relacionada con las estaciones meteorológicas, o puntos de observación, sin embargo otro de los rasgos fundamentales de nuestro clima es la variabilidad espacial de las diferentes variables climáticas. El análisis espacial de estos datos puntuales exige un proceso de transformación, que permita describir las relaciones con otras variables geográficas, determinar los principales parámetros de la correlación y elaborar un modelo de distribución a partir de estos parámetros. En nuestro caso se ha aplicado una combinación de técnicas estadísticas de regresión entre las variables climáticas y la altitud, y geoestadísticas de interpolación de los valores residuales resultantes al comparar los valores observados con los calculados.

Como ya señalamos en anteriores trabajos (Fernández García et alt. 1996), el SIG. es la herramienta que mejor se presta a estos objetivos por tres razones fundamentales: 1ª) permite disponer de las diferentes variables del medio físico en un formato que facilita el cálculo de las funciones de correlación entre las variables climáticas y las geográficas; 2ª) facilita la visualización espacial de los resultados, obtenidos a partir de las funciones de correlación calculadas y, 3ª) facilita la comparación entre los datos calculados y observados a fin de establecer las desviaciones entre ambas o bondad del ajuste. En definitiva, el empleo de los Sistemas de Información Geográfica es una herramienta de gran utilidad para la gestión y manipulación de la información climática; para el análisis y generación de nueva información a partir de la inicial y en la representación cartográfica de las variables

analizadas. La modelización de las variables climáticas ha sido ensayada por el grupo de Climatología de la UAM en diferentes trabajos (Fernández y Galán, 1993; Fernández *et al*., 1996; Cañada, Galán y Fernández, 2010) y, en particular, la aplicación del análisis espacial implementada en el programa ArcGIS (Fernández, 2005). En el presente trabajo hemos utilizado como herramientas de análisis la extensión *Spatial Analyst* del programa ArcGIS 9.3, el programa SPS y la hoja de cálculo Excell.

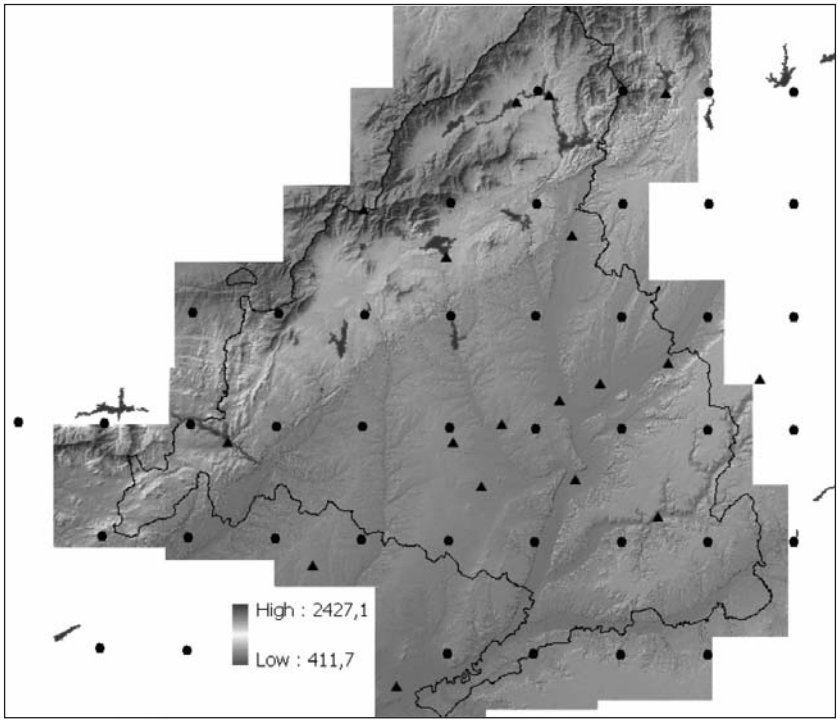


Figura 1. Red de observatorios del SIGA (triángulos) y de la Universidad de Cantabria (puntos), superpuestos al MDE de la CAM.

II. EL CLIMA DE LA COMUNIDAD DE MADRID. RASGOS GENERALES.

La Comunidad de Madrid como la mayor parte de la Península, pertenece al dominio de los climas mediterráneos, cuyos rasgos más destacados son la estacionalidad de las temperaturas, la sequía estival

y la irregularidad de las precipitaciones. Tres son los factores que condicionan el clima: la posición latitudinal, las diferencias topográficas y la situación en el interior de la Península.

Por su latitud meridional, la Comunidad de Madrid, es una zona de transición en la que confluyen los mecanismos y características de los climas templados y los tropicales áridos. Los primeros actúan durante la estación fría con una sucesión de tipos de tiempo variados en los que alternan periodos lluviosos asociados a las borrascas atlánticas y al frente polar, con otros secos anticiclónicos de diverso tipo, esencialmente fríos. En verano el ambiente climático presenta connotaciones similares a las del vecino continente africano, el anticiclón subtropical de las Azores se desplaza hacia el norte y los días secos y calurosos solo se ven interrumpidos por alguna tormenta aislada de carácter convectivo. Primavera y otoño son dos estaciones de transición, en las que pueden aparecer indistintamente situaciones típicas de las dos estaciones precedentes: las heladas tardías de abril y mayo reflejan claramente la persistencia de situaciones invernales hasta bien entrada la primavera; los denominados popularmente veranillos de los apóstoles (el de S. Miguel y el de S. Martín) son un claro indicio de la prolongación del verano hasta finales de septiembre y comienzos de octubre. Por último, la elevada altitud media y su situación en el interior de la Península, alejada de las influencias del Mediterráneo y el Atlántico, le confieren un claro matiz de continentalidad, con inviernos fríos y veranos muy calurosos.

Las características topográficas y la disposición del relieve modifican estos rasgos generales, dando lugar a una clara regionalización climática, que podemos resumir en la oposición entre un clima mediterráneo de montaña y un clima mediterráneo continental, distribuidos en tres grandes áreas:

1º. *Los páramos y campiñas* presentan el típico clima mediterráneo continental con escasas precipitaciones y amplitudes térmicas elevadas. En relación a las otras áreas de la Comunidad son las zonas más cálidas y las menos lluviosas. Los totales anuales oscilan entre los 400 mm. y 500 mm con una gran variabilidad interanual. El régimen pluviométrico se caracteriza por el máximo invernal, que se adelanta al otoño hacia el E. en los valles del Henares y Jarama. De diciembre a abril las precipitaciones son muy homogéneas con cantidades que raramente superan los 40 mm mensuales. Desde abril se produce un descenso progresivo hasta el mínimo centrado en julio y agosto.

Las temperaturas oscilan entre los 5°/6°C de enero y los más de 25°C de julio, las amplitud térmica es muy elevada con máximas absolutas superiores a los 40°C y mínimas inferiores a -17°C. Los días de heladas son relativamente escasos, alrededor de 40 de media, en un periodo que se extiende desde octubre a mayo, aunque con mayor probabilidad en los meses invernales.

2º. *La rampa al pié de la sierra* es una zona de transición en la que se mantienen los rasgos fundamentales descritos con anterioridad, aunque aumentan el total de precipitaciones, sobre todo a partir de los 800 metros y las temperaturas oscilan entre los 2°C y 4°C en invierno y los 20°/24°C en verano. El máximo de precipitaciones se produce en otoño-invierno y en algunas zonas, sobre todo al SW, aparece un segundo máximo en marzo-abril. Las nevadas son más frecuentes, en torno a veinte días de media repartidos desde octubre a mayo; la duración del frío es, también mayor oscilando el número de días de heladas entre 70 y 98 en los diferentes sectores. Características similares presentan los valles intramontanos del Lozoya y alto Manzanares con rasgos microclimáticos derivados de su configuración.

3º. *Las altas zonas serranas*, con un clima mediterráneo de montaña. La influencia de la altitud es determinante y las diferencias fundamentales respecto a los anteriores podemos resumirlas en la abundancia de precipitaciones y las bajas temperaturas, aunque los regímenes pluviométricos y térmicos siguen las mismas pautas. El mínimo estival es muy acusado, pero solo los meses centrales del verano registran precipitaciones inferiores a los 30 mm. El máximo estacional corresponde al otoño-invierno y los meses más lluviosos son noviembre y enero. La nieve es la forma de precipitación más frecuente con 75 días de media anual y únicamente julio y agosto se encuentran libres de ellas. La duración del frío es el otro rasgo diferenciador con medias invernales inferiores a 0°C y de 16°C en verano, sin embargo las mínimas absolutas, son menos acusadas que en los fondos de los valles, registrándose frecuentes inversiones térmicas.

III. BALANCE HÍDRICO, BAJO LAS CONDICIONES CLIMÁTICAS ACTUALES.

El balance de agua de una zona implica el análisis de tres variables fundamentales: las precipitaciones, la evapotranspiración potencial (ETP), o máxima cantidad de agua que se evaporaría en función de las

temperaturas y la evapotranspiración real (ETR), o agua realmente evaporada, en función de las precipitaciones y del agua almacenada en el suelo. La regionalización climática, a que hicimos referencia, marca el rasgo distintivo de nuestra comunidad: unos bordes montañosos con unas disponibilidades hídricas muy acusadas, resultado de la combinación de precipitaciones abundantes y bajas temperaturas, frente a otras con precipitaciones menores y elevadas temperaturas, donde se concentra el déficit hídrico. Junto a ello, los regímenes térmicos y pluviométricos contrastados permiten establecer una secuencia temporal característica con un invierno frío y lluvioso, por tanto escasa evaporación y disponibilidades hídricas abundantes; y un verano cálido y con escasas precipitaciones que agudiza el déficit hídrico.

III.1. *Las precipitaciones*.

Las precipitaciones constituyen el aporte fundamental de agua en una región y los totales mensuales y anuales condicionan, en gran medida, el balance de agua. Uno de los grandes problemas a la hora de analizar las precipitaciones de una zona es la escasez de observatorios, especialmente en las zonas elevadas y las anomalías de las series con numerosas lagunas y otros errores originados por múltiples causas. Uno de los objetivos de la comunidad científica es establecer una metodología común y crear bases de datos homogéneas y en esa dirección, la AEMET ha puesto a disposición de los usuarios la serie *Spain02*, que corresponde a una rejilla de 20 km que cubre la España peninsular y Baleares y en la que se han interpolado los datos diarios de precipitación de más de 2000 estaciones de la Agencia Estatal de Meteorología. Como señalamos anteriormente, este conjunto de datos ha sido elaborado conjuntamente por AEMET y el grupo de Meteorología de Santander (Universidad de Cantabria-CSIC, www.meteo.unican.es). Aunque los autores hacen constar que *los datos proporcionados están sujetos a fuentes de error intrínsecas del proceso de interpolación y también pueden estar sujetos a errores en la manipulación de los mismos*, consideramos que su utilización en este trabajo puede ser interesante a la hora de comparar con los datos futuros obtenidos, también, mediante la modelización de los diferentes parámetros meteorológicos incluidos en los modelos. Más adelante será necesario realizar algunos ajustes y comparaciones con las series observadas de la zona a fin de mejorar los resultados.

El mapa de precipitaciones anuales (fig. 2) se ha obtenido mediante la combinación de dos capas: una obtenida al aplicar la función de regresión entre las precipitaciones y la altitud (fig.3) y la resultante al interpolar los valores residuales, por el método del inverso de la distancia al cuadrado. El resultado muestra la gran diversidad pluviométrica, con tres áreas claramente diferenciadas, en función del relieve:

- La más lluviosa ocupa el sector montañoso de Somosierra y Guadarrama, los totales anuales son superiores a los 1000 mm, con máximos registrados en el observatorio de Navacerrada, próximos a los 1400 mm.
- Entre 600 y 800 mm de precipitación anual registran los observatorios situados al pié de ésta zona montañosa, en la zona de rampa y en los fondos de algunos valles como el del Lozoya.
- Por último, aparece una extensa zona al S y SE en la que se produce un descenso significativo en los volúmenes de precipitaciones. La mayor parte de esta región meridional recibe entre 400 y 500 mm anuales, localizándose en las zonas más elevadas de los páramos, en las márgenes derechas del Henares y Jarama, los valores más altos de este sector.

La disposición del relieve es, por tanto, el principal factor que determina el trazado de las isoyetas, con un incremento medio de 42 mm por cada 100 metros de ascenso (Figura 3); no obstante existen importantes diferencias locales derivadas de la misma configuración, especialmente de la orientación de los valles respecto a los flujos atlánticos del W y SW, que son los principales productores de precipitaciones. Así, en el valle del Lozoya de dirección SW-NE, los totales anuales registrados por los observatorios de la zona, con una altitud superior a los 1000 metros, se sitúan en torno a los 600 mm; tal es el caso de las presas de Pinilla, Puentes Viejas y Riosequillo con precipitaciones comprendidas entre los 630 mm y 650 mm o en Rascafría, a 1163 metro y con 787 mm. En el valle alto del Manzanares, por el contrario, observatorios situados a menor altura, como Soto del Real y Presa de Manzanares, las lluvias son similares o más elevadas que en los anteriores. En los páramos y campiñas de topografía menos acusada desaparece el efecto orográfico por lo que estos flujos atlánticos, degradados por su largo recorrido antes de llegar a nuestra comunidad, producen un volumen de precipitaciones bastante menor.

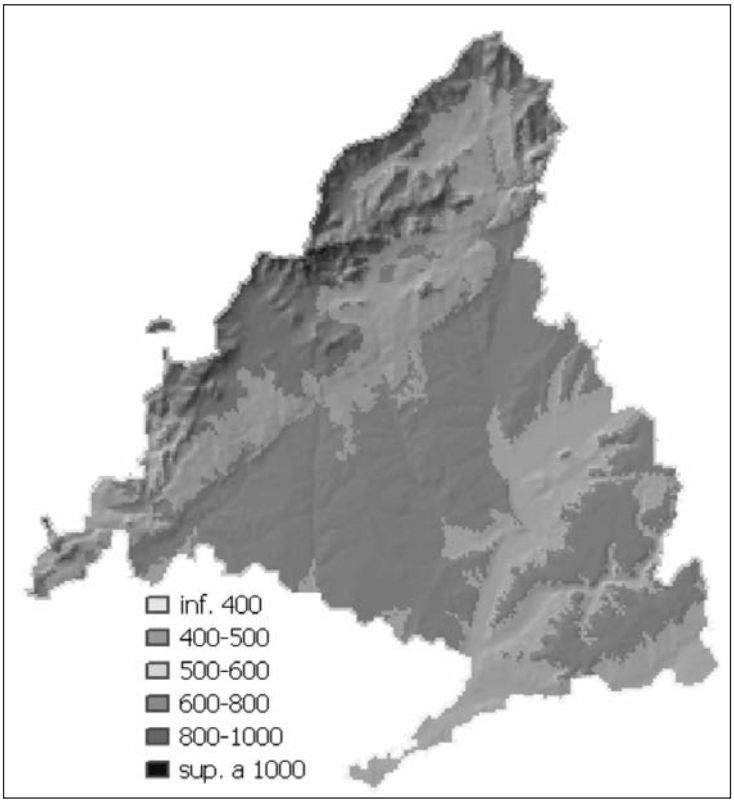


Figura 2. Distribución de la precipitación total anual en la CAM (1971-2000).

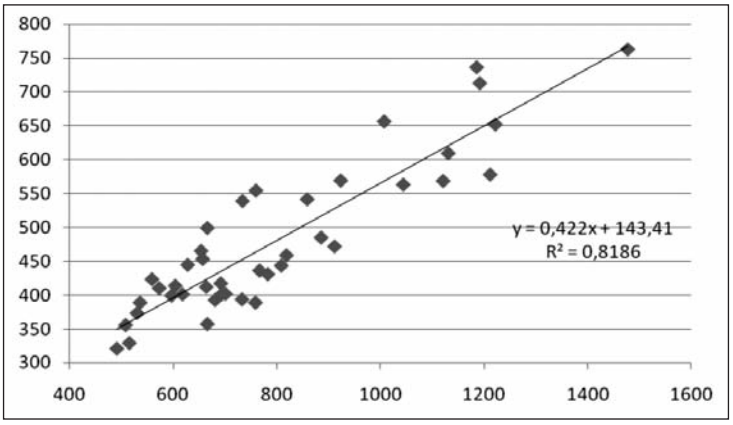


Figura 3. Relación precipitaciones anuales y altitud en la CAM (1971-2000).

III.1.2. *Régimen anual e irregularidad pluviométrica*.

La irregularidad pluviométrica es otro de los rasgos más característicos de nuestro clima de tal modo que los valores medios resultan de extremos muy contrastados. A título de ejemplo señalaremos que en Madrid (observatorio del Retiro) en el periodo comprendido entre 1900 y 2000 con una precipitación media de 437 mm, el año más seco registró 237 mm y el más lluvioso 766 mm; en Navacerrada, en el periodo 1971-2000, la media ha sido de 1326 mm, los años extremos 806 y 2380 mm (figura 4).

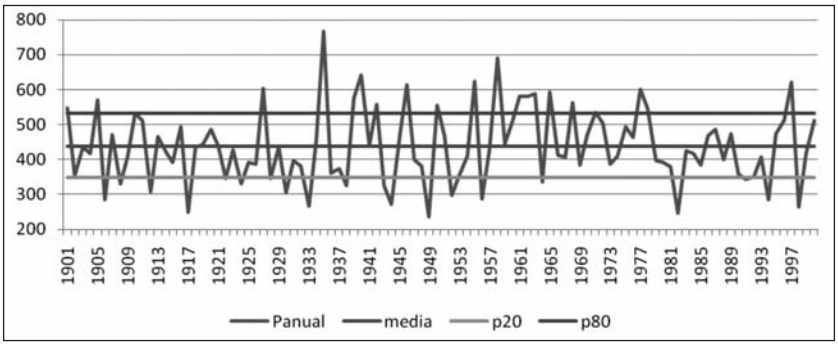


Figura 4. Retiro. Precipitaciones anuales y percentiles durante el periodo 1901-2000.

Así mismo, en el periodo 1971-2000, se observa una notable diferencia en todas las zonas entre la precipitación media del periodo y la correspondiente a los percentiles 20 y 40 (cuadro 1) con diferencias, en las zonas más elevadas próximas a los 200 mm anuales.

Cuadro 1. Precipitación media en los diferentes pisos altitudinales de la CAM, correspondientes al año medio y a los años secos (Percentil 40) y muy secos (percentil 20), de la serie 1971-2000.

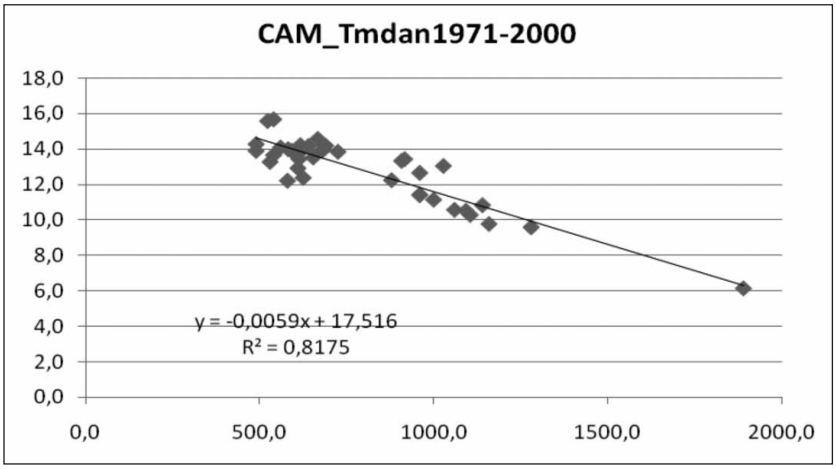
Altitud	Pmd	P40	P20
inf 400	383,8	351,1	304,3
400-600	439,5	394,3	344,3
600-800	540,6	479,5	406,6
800-1000	645,3	560,2	478,5
sup. A 1000	842,2	721,1	623,8

Fuente: Elaboración propia a partir de los datos Spain 2 (AEMET-U. Cantabria)

Esta irregularidad se acusa no solo en los totales, sino también en el ritmo anual de las precipitaciones. La sequía estival es el rasgo más estable, sin embargo en las demás épocas los periodos lluviosos pueden retrasarse o no aparecer dando lugar a la presencia de sequías prolongadas con los consiguientes problemas para la agricultura y los suministros urbanos. No obstante, en un año medio, el periodo de lluvias se inicia a mediados de septiembre y alcanza su máxima intensidad en noviembre, el mes más lluvioso en la mayor parte de los observatorios; son lluvias de carácter tormentoso, que alternan con las de tipo frontal asociadas a los primeros temporales atlánticos del W y SW. Las lluvias continúan durante los meses de invierno, aunque en diciembre y enero se produce una relativa sequedad por la presencia de periodos anticiclónicos, que favorecen las nieblas y heladas. Primavera es una estación muy inestable, con frecuentes temporales asociados a las borrascas atlánticas en marzo y abril; en mayo y, sobre todo en junio, se hacen más frecuentes las tormentas, provocadas por el aumento de las temperaturas y la presencia de vaguadas y gotas frías en las altas capas de la atmósfera, que suelen producirse con bastante asiduidad durante la tarde y a primeras horas de la noche. El verano es muy seco, aunque el fuerte recalentamiento del suelo puede dar lugar a la formación tormentas aisladas de tipo convectivo, acompañadas de importante aparato eléctrico y chaparrones intensos, pero con totales pluviométricos muy escasos. La mayor parte de las precipitaciones se producen en forma de lluvia; las nevadas tienen importancia por encima de los 1000 metros, aunque en los últimos años se observa un descenso significativo de este tipo de precipitación, según los datos recogidos en el Programa ERHIN.

III.2. *La evapotranspiración potencial (ETP).*

Depende esencialmente de la temperatura y como aquellas sigue el típico régimen estacional de las latitudes templadas, máxima en verano y mínima en invierno. A diferencia de las precipitaciones, la irregularidad interanual no es muy acusada, pero sí las diferencias espaciales derivadas del descenso de las temperaturas con la altura. Esta variable queda distribuída según el factor geográfico de la altitud de las grandes unidades de relieve al depender de las temperaturas, aunque el gradiente tiene un signo opuesto al de las precipitaciones e indica un descenso de las temperaturas con la altitud (Figura 5).



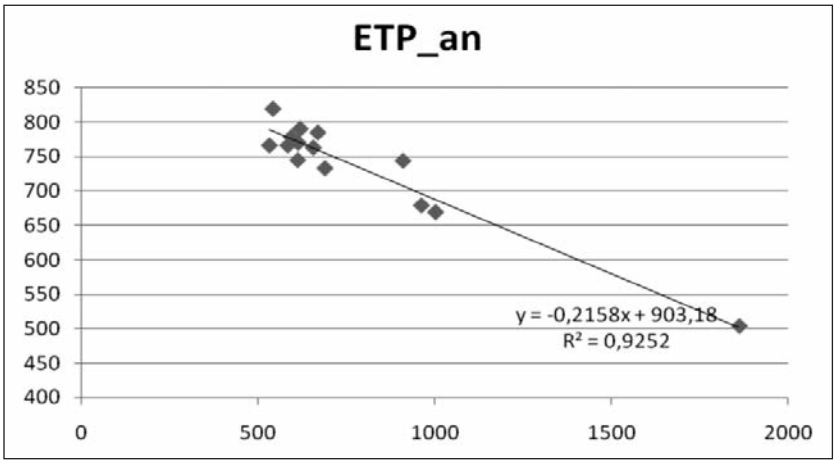


Figura 5. Relación temperatura media anual-altitud (arriba) y ETP anual y altitud (abajo), en la CAM.

En el mapa que representa la distribución espacial de la ETP [Figura 4] se identifica de forma clara el gradiente altitudinal de la ETP; desde las cumbres serranas (500-550 mm) la ETP desciende por el piedemonte (551-650 mm) hasta llegar a las campiñas y páramos (751-850 mm) donde se produce la mayor ETP.

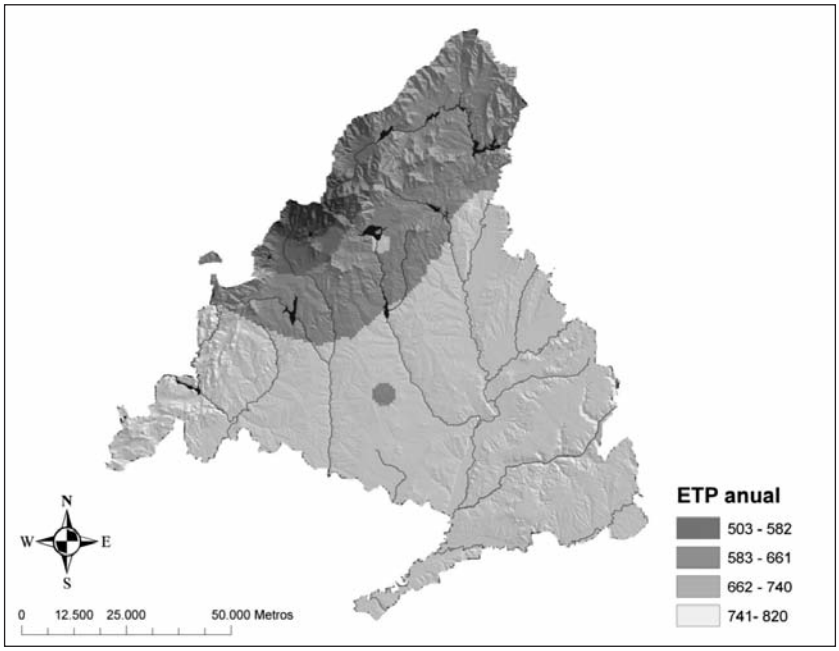


Figura 6. Modelización espacial de la ETP anual (1971-2000).

La evolución mensual sigue el régimen térmico (figura 7] con unos valores mínimos en los meses invernales, los más fríos, y alcanza su máximo en la estación estival.

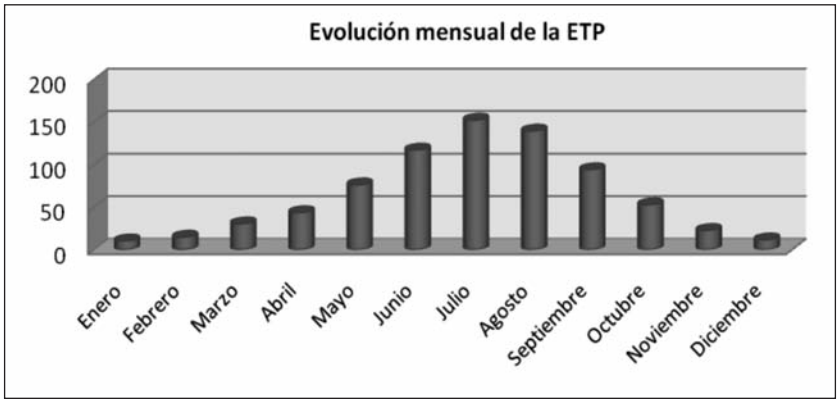


Figura 7. Evolución mensual actual de la ETP en la CAM. Elaboración propia a partir de datos del SIGA.

III.3. *La evapotranspiración real (ETR).*

La evapotranspiración real *es la cantidad de agua que realmente se evapora del suelo y las plantas de acuerdo al contenido de humedad del suelo y la cobertura vegetal*. Depende, tanto de las precipitaciones, como de la existencia de agua en el suelo, por ello presenta, también, una gran variabilidad espacial, aunque a diferencia de la ETP, no existe una correlación clara con la altitud; así nos encontramos valores parecidos en el observatorio de Navacerrada 1860 metros el de Talamanca del Jarama a 650 metros (415 mm y 417 mm, respectivamente). Estacionalmente y considerando la totalidad de la CAM, la ETR sigue un ritmo característico: el máximo se registra en primavera época en la que las temperaturas aumentan y a las precipitaciones se une la reserva de agua en el suelo, saturado durante el invierno; en verano el descenso pluviométrico y el agotamiento del agua en el suelo determina que se alcance un mínimo; en otoño aparece un máximo secundario, bastante inferior al de primavera, coincidiendo con las lluvias otoñales y en invierno las bajas temperaturas determinan otro mínimo similar al de la ETP [figura 8]

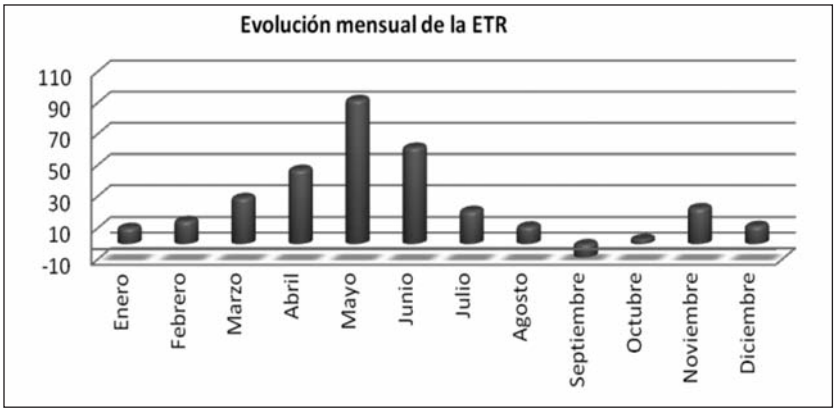


Figura 8. Ciclo anual de la ETR para el conjunto de la CAM.

III.4. *Disponibilidades hídricas.*

La combinación de precipitación, ETP y ETR, nos permite evaluar las disponibilidades de agua en una zona a través del cálculo del déficit y del excedente de agua. Al igual que las precipitaciones, estos dos parámetros tienen también una gran variabilidad espacial y temporal,

con un claro contraste entre las zonas serranas y los páramos y campiñas. El mapa de distribución espacial del déficit [figura 9] muestra las condiciones de aridez extrema de una extensa parte del territorio de la CAM, que se extienden a los páramos y campiñas y en la zona de transición (aproximadamente el 75% del territorio).

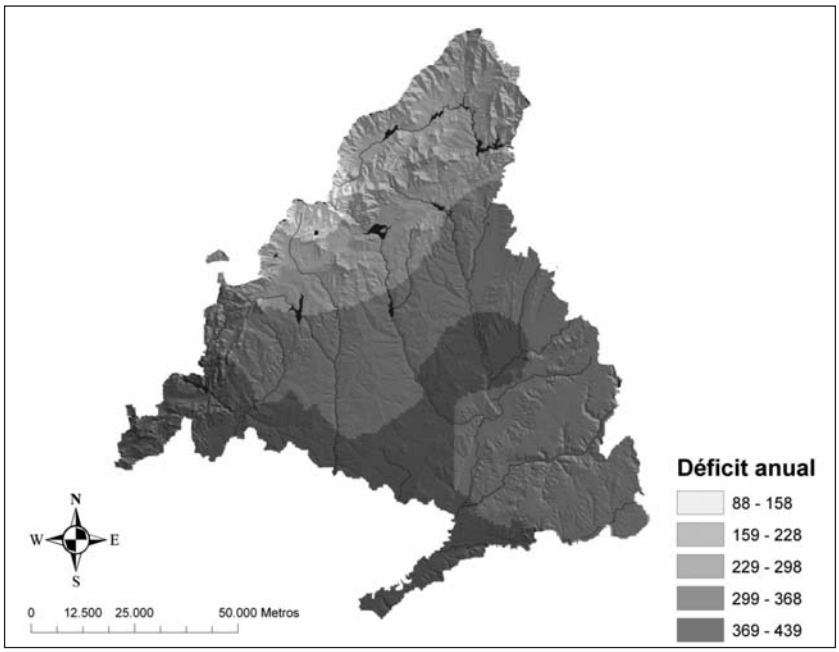


Figura 9. Distribución espacial del déficit hídrico anual en la CAM. Elaboración propia a partir de datos del SIGA.

El mapa de los excedentes anuales es, lógicamente, opuesto al anterior [figura 10] y las zonas con excedente hídrico se encuentran restringidas a las cumbres del Sistema Central y el piedemonte (aprox. 25% del territorio).

La altitud, por tanto es el principal condicionante del reparto del agua en la comunidad y las zonas más elevadas aparecen como las principales reservas de agua, debido, tanto a la menor evaporación y precipitaciones elevadas, cuanto a la duración de los periodos secos y húmedos, tal y como puede observarse en las figuras 11 y 12. En ambas se representa el balance de agua mensual en tres observatorios de la Comunidad, situados a diferente altitud (Navacerrada a 1860

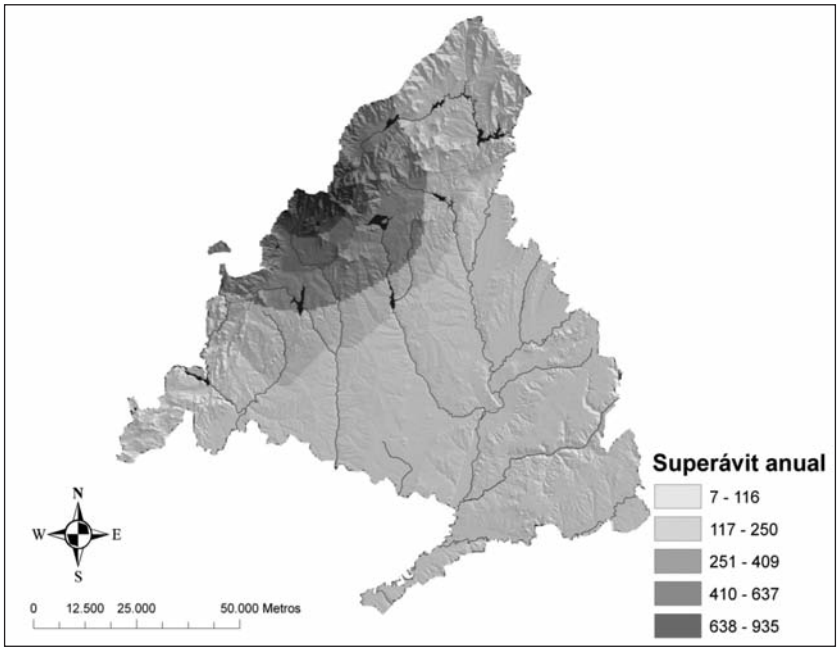
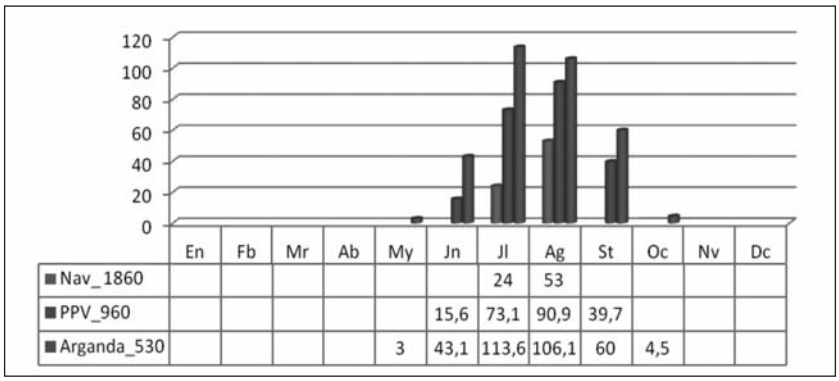


Figura 10. Distribución del superávit hídrico en la CAM.

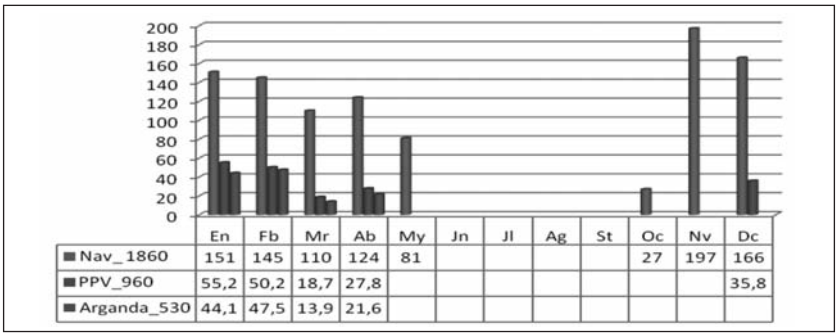
metros; Presa de Puentes Viejas a 960 y Arganda a 530). Se observa como el periodo de déficit hídrico se circunscribe a los dos meses estivales, en el observatorio más elevado y va aumentando, a medida que descendemos hasta alcanzar los seis meses en Arganda.



	En	Fb	Mr	Ab	My	Jn	Jl	Ag	St	Oc	Nv	Dc
Nav_1860							24	53				
PPV_960						15,6	73,1	90,9	39,7			
Arganda_530					3	43,1	113,6	106,1	60	4,5		

Figura 11. Déficit hídrico mensual en diversos observatorios de la CAM (1971-2000).

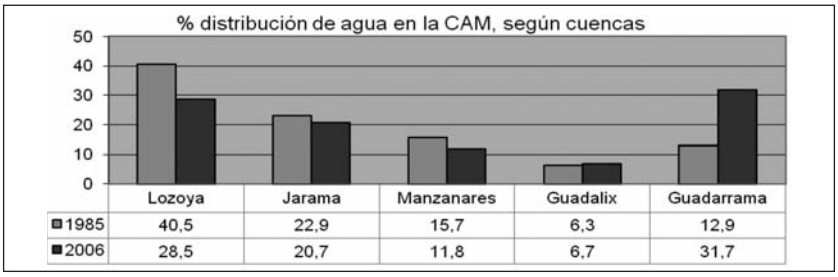
El periodo con excedentes de agua se extiende desde octubre a mayo en Navacerrada, se acorta a diciembre-abril en el observatorio intermedio y queda reducido a cuatro meses en Arganda.



	En	Fb	Mr	Ab	My	Jn	Jl	Ag	St	Oc	Nv	Dc
Nav_1860	151	145	110	124	81					27	197	166
PPV_960	55,2	50,2	18,7	27,8								35,8
Arganda_530	44,1	47,5	13,9	21,6								

Figura 12. Excedente hídrico mensual en diversos observatorios de la CAM (1971-2000).

La estacionalidad de las temperaturas y precipitaciones, la irregularidad pluviométrica y la necesidad de asegurar el suministro ha dado lugar a la implantación de una serie de infraestructuras hídricas capaces de asegurar este suministro. Los primeros viajes de agua, que abastecían Madrid, han sido sustituidos por una densa red de embalses capaces de almacenar el agua sobrante en los periodos de superávit hídrico y una densa y extensa red de infraestructuras de conducción, depuración. El suministro hídrico procede de las cuencas del Lozoya, Jarama, Manzanares, Guadalix y Guadarrama, cuya importancia ha variado considerablemente en relación al aumento de la población y la expansión urbana [Figura 13]: en 1986 el 40% del suministro procedía del Lozoya y el Guadarrama sólo contribuía con un 12,9%; en 2006, éste último representa el 32% del suministro. Se observa, por tanto, una expansión hacia el oeste de los recursos hídricos, que han incorporando aguas del Cofio y del Alberche.



	Lozoya	Jarama	Manzanares	Guadalix	Guadarrama
1985	40,5	22,9	15,7	6,3	12,9
2006	28,5	20,7	11,8	6,7	31,7

Figura 13. Procedencia del suministro de agua en la CAM. Fuente: Instituto estadística CAM.

IV. CARACTERIZACIÓN DEL BALANCE HÍDRICO DE LA CAM EN 2021/30 Y 2051/60.

Las proyecciones realizadas para los periodos 2021/30 y 2051/60, en el escenario de emisiones altas A2, por el Grupo de Modelización Atmosférica Regional de la Universidad de Murcia indican variaciones importantes que afectan a las principales variables del balance de agua en nuestra comunidad (Cuadro 2).

En el caso de la precipitación se estima una disminución del 21% respecto a la situación actual, en la década 2021/2030 y del 40% a mediados del siglo actual.

El aumento de las temperaturas se traduce en un incremento de la evapotranspiración, tanto la potencial como la real, bastante más acusado en la década 51-60 y la misma tendencia sigue el déficit hídrico, que aumenta hasta el 30% a mediados de siglo.

Cuadro 2. Variación de las principales variables climáticas a lo largo del siglo XXI.

	Actual	2021/30	2051/60	Variación 1 %	Variación 2 %
Precipitación	560,03	439,89	338,67	21	40
ETP	560,45	637,38	716,48	16,7	21
ETR	419,76	291,91	270,18	30,5	35,5
Déficit	317,09	381,47	446,31	16,8	30

Un hecho que merece ser destacado es que estas variaciones afectan de manera más acusada a las zonas más elevadas de nuestra comunidad, especialmente las precipitaciones que descienden entre un 12% y un 62%, en las zonas situadas por encima de los 800 metros, en la década 21-30 del presente siglo; por debajo de los 800 metros se produce un aumento de las precipitaciones. (Figura 14). A mediados de siglo, el descenso plu-

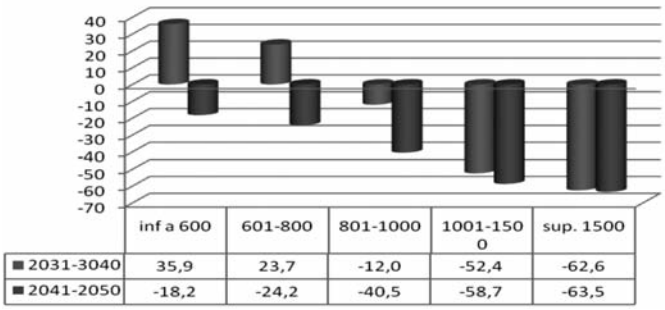


Figura 14. Variación porcentual de la precipitación, respecto a la actual (1971-2000), en los diferentes pisos altitudinales de la CAM. Elaboración propia combinando el mapa de precipitaciones y el MDE.

viométrico se extiende a toda la región, aunque se mantiene la diferencia entre las zonas por debajo de los 600 metros y las más elevadas.

La consecuencia más importante en un aumento del déficit hídrico en todo el espacio de la Comunidad, pero más acusado en las zonas de montaña (Figura 15) y en las principales cuencas hidrográficas de donde proceden los suministros de agua (Figura 16) . El aumento del déficit oscila entre un 10% y un 15%, en la década 21-30, pero se duplica a media a mediados de siglo; en este último periodo, además, los valores son muy similares en el conjunto de la Comunidad, lo que obligará a la búsqueda de nuevas fuentes de suministro fuera de sus límites, o a iniciar importantes transformaciones en el uso y gestión del agua, lo que podría afectar a otros sectores especialmente al crecimiento urbano.

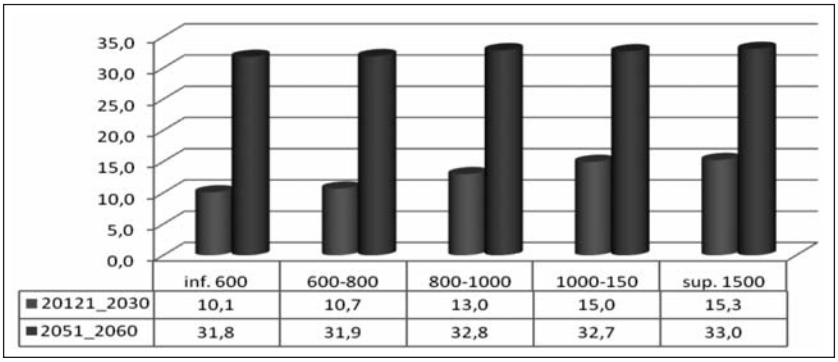


Figura 15. Variación porcentual del déficit hídrico respecto a la actual (1971-2000), en los diferentes pisos altitudinales de la CAM. Elaboración propia combinando el mapa de déficit y el MDE.

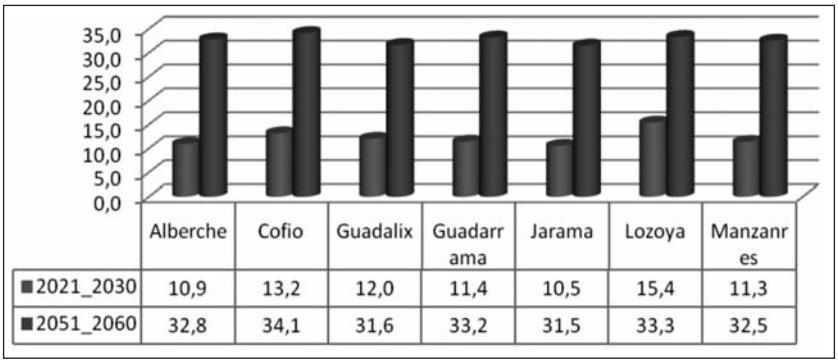


Figura 16. Variación porcentual del déficit hídrico en las principales cuencas hidrográficas. Elaboración propia combinando el mapa de déficit y las cuencas hidrográficas.

CONSIDERACIONES FINALES.

El escenario actual de las disponibilidades hídricas, muestra la variabilidad espacial y temporal de las precipitaciones y de la ETP, por lo tanto de la precipitación útil. La diferencia espacial de estas variables, entre la sierra y la zona de campiñas y páramos, se refleja en los valores extremos de precipitación (1.340 mm y 404 mm) y de la ETP (503 mm y 803 mm), que al final dan unos resultados zonalmente variables en el déficit hídrico. No obstante hay que tener en cuenta que hay una falta estructural de agua en la CAM, ya que el 75% del territorio se puede catalogar de aridez extrema con 385 mm anuales de déficit. Este déficit se encuentra enmascarado por los valores positivos de la sierra que en definitiva es la principal fuente de recursos hídricos en el territorio madrileño.

Otras características son la estacionalidad de las precipitaciones, con un periodo de fuerte escasez en la época estival, y la irregularidad pluviométrica interanual, con una fuerte tendencia a periodos de sequía de larga duración y cada vez más frecuentes.

Las proyecciones futuras presentan un aumento del déficit hídrico, relacionado más con el aumento de las temperaturas y, por tanto de la evaporación, que a la disminución de las precipitaciones, menos consistente estadísticamente. El déficit hídrico en el escenario a corto plazo aumenta un 16,8% y en el escenario a largo plazo un 30%, pero el problema no sólo es el agravamiento del déficit, sino la distribución espacial del mismo: se observa que el aumento es más acusado en las zonas altas, piedemonte y sierra, que en la actualidad suponen los mayores reservorios de agua para el abastecimiento de la población.

En una región metropolitana como es Madrid, con una demanda de agua creciente, relacionada con el aumento de la población, la escasez puede llegar a ser uno de los principales factores limitante para su desarrollo futuro y una fuente de conflictos con las comunidades próximas hacia donde se extiende la captación de recursos hídricos. Es preciso, por tanto, continuar profundizando en el conocimiento del ciclo natural del agua y los impactos derivados del cambio climático, como elemento clave para las políticas futuras, territoriales y de gestión, que aseguren el suministro de agua.

Agradecimiento: este trabajo se ha realizado en el marco del proyecto de investigación PRODESCAM (*programa de desarrollo territorial y gestión del agua en la Comunidad de Madrid* ref.

S2007/HUM-0474) financiado por la Comunidad Autónoma de Madrid.

Los autores agradecen a AEMET y a la UC por los datos proporcionados para la realización de este trabajo (rejilla de precipitación Spain02).

BIBLIOGRAFÍA

ALCOLEA MORATILLA, M.A., GARCÍA ALVARADO, J.M. (2007): "El agua en la Comunidad de Madrid", Observatorio Ambiental, nº9, 63-96 pp.

ALLENDE, F, FERNÁNDEZ GARCÍA, F y LA LLANA, V. (2010): Modelo digital de elevaciones de la Comunidad de Madrid (inédito).

CAÑADA TORRECILLA, R. (2007): "Análisis Geoestadístico" en MORENO, A. (Ed.): Sistemas y Análisis de la Información Geográfica. Manual de Autoaprendizaje con ArcGIS. 2ª edición, Ra-Ma, pp. 753-880.

CAÑADA; R.; GALÁN, E.; FERNÁNDEZ, F. (2010): "Situación actual y previsiones futuras de las disponibilidades hídricas de la Comunidad de Madrid y áreas circundantes" en Clima, ciudad y ecosistemas (Felipe Fernández, Encarna galán y Rosa Cañada, eds). Barcelona, Publicaciones d ela Ssociación española de Climatología, Seria A, n. 7. PP. 349-366

CONFEDERACIÓN HIDROGRÁFICA DEL TAJO (2008): "Esquema provisional de temas importantes. Parte española de la demarcación hidrográfica del Tajo", Ministerio de Medioambiente, Medio Rural y Marino, 292 pp.

CONFEDERACIÓN HIDROGRÁFICA DEL TAJO (1998), "Plan Hidrológico de la Cuenca del Tajo", 62 pp.

FERNÁNDEZ GARCÍA, F. (2005):"Creación de nuevos mapas a partir del MDE. Aplicación de las unciones de análisis de superficies", en MORENO, A. (Ed.): Sistemas y Análisis de la Información Geográfica. Manual de Autoaprendizaje con ArcGIS. 1ª edición, Ra-Ma, pp. 623-642.

FERNÁNDEZ GARCÍA F., SORIANO J., GARCÍA E., ALLENDE F., GALÁN E., GARCÍA M.A. (1996): "Delimitación espacial de la precipitación útil en la Comunidad de Madrid mediante la utilización de un sistema de información geográfica", La Laguna, Clima y Agua: la gestión de un recurso climático, Marzol, M.V.-Dorta P.- Valladares, P. (EDS),14 pp.

FERNANDEZ GARCÍA, F. (1995): "Manual de climatología aplicada", Madrid, Síntesis, 285 pp.

FERNÁNDEZ, F y GALÁN GALLEGO, E. (1993): "La precipitación en el valle del Tiétar: aspectos metodológicos". Homenaje al Prof. Albentosa, pp. 91-111.

FERNANDEZ GARCÍA, F. (1989): "Regímenes hídricos y pluviometría en la Cuenca del Tajo", Madrid, Libro Jubilar Profesor Dº Antonio López Gómez, 20 pp.

FERNÁNDEZ GARCÍA, F. (1975): "El clima de la provincia de Madrid", Madrid, Boletín de la Real Sociedad Geográfica, 65-95 pp.

GALÁN, E.; CAÑADA, R.; RASILLA, D.; FERNÁNDEZ, F. y CERVERA, B. (1999): Evolución de las precipitaciones anuales en la Meseta meridional durante el siglo XX", en RASO, J. M. Y MARTÍN VIDE., J. (Eds.): La climatología española en los albores del siglo XXI. AEC, serie A, nº 1, 169-180.

S. HERRERA, J.M et alt (2009) Development and Analysis of a 50-year high-resolution daily gridded precipitation dataset over Spain (Spain02). Submitted to International Journal of Climatology (http://www.meteo.unican.es/datasets/spain02)

MILLÁN LÓPEZ, A (2010): Cambio climático y recursos hídricos en la Comunidad de Madrid. Disponibilidad y demanda de agua urbana. Trabajo de investigación presentado para la obtención del DEA, bajo la dirección de Felipe Fernández, Madrid, Dto. De Geografía UAM, 250 pp.

MINISTERIO DE MEDIOAMBIENTE (2000): "Libro blanco del agua en España", Secretaría de Estado de aguas y Costas, 621 pp.

PNACC (2008): "Primer Informe de seguimiento sobre el desarrollo del Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático", Secretaría de Estado de Cambio Climático, 63 pp.

WEBGRAFÍA

- http://www99.mma.es:120/siagua/indicadores/home.jsp. Página web del SIA (Sistema de Indicadores del Agua).
- http://www.madrid.org/iestadis/. Instituto de Estadística de la Comunidad Autónoma de Madrid.
- http://www.waterclimateforum.org/index.html. Fórum internacional que analiza los impactos del cambio climático sobre los recursos hídricos.
- http://iagua.es/. Ofrece información y opinión sobre el agua en la red. Enlaces a numerosos artículos, ponencias, conferencias, fórums.
- http://www.iowater.org/. Información sobre la gestión y protección de los recursos hídricos en Europa y en el mundo.

- http://www.cyii.es. Página web del Canal de Isabel II con información de gran utilidad sobre el abastecimiento de agua en la CAM.
- http://www.marm.es. Página web del Ministerio de Medioambiente, Medio Rural y Marino. Se puede descargar el Libro Blanco del Agua y otras informaciones sobre el medioambiente en España.
- Htpp://www.chtajo.es. Página web de la Confederación Hidrográfica del Tajo. Información sobre los recursos hídricos en al Cuenca del Tajo.
- http://www.undp.org/water/crosscutting/climate.html. Agencia de la Naciones Unidas para el Desarrollo. Información sobre adaptación al cambio climático.

EL AGUA, RAZÓN DE ESTADO. UN SIGLO DE REGENERACIONISMO

Por
Joaquín Bosque Maurel

Los cambios introducidos desde muy antiguo en la estructura de la agricultura española, siempre muy ligados a su dependencia del medio físico peninsular, han significado hasta cierto punto una transformación de esas condiciones naturales y, en cierto sentido, una auténtica "intervención sobre el clima" (A. Cabo Alonso, 1988). Unos cambios que, remontándose hasta el neolítico y, sobre todo, a la época romana, han alcanzado su mayor desarrollo a lo largo del último siglo. Una intervención que era imprescindible y obligada en la Iberia seca de Jean Brunhes (1904), la mayor parte de la Península Ibérica. Y que, en buena parte, tuvo un fuerte apoyo ideológico, en el Regeneracionismo del paso del siglo XIX al XX.

Antecedentes históricos

La introducción del regadío, que es, en esencia, el punto de partida de los cambios estructurales habidos desde antiguo en el mundo agrario, no menos su consecuencia inmediata y, también, su principal protagonista, tiene orígenes muy remotos y ha sido una constante en el devenir del complejo rural español. En él hay que distinguir entre el regadío a base de grandes canales e incluso embalses y el fruto, menor en cantidad pero no en calidad, de acequias, azudes y norias. Y en una necesaria y compleja consideración en el añejo debate sobre el papel real del Islam en la creación del regadío español. Según Caro Baroja, "los cristianos, los hispano-romanos, ya conocieron el primero, pero los musulmanes sin duda incrementaron el segundo" (1981, p.336).

Asimismo, no cabe olvidar que, desde muy antiguo, la progresión de la irrigación era en esencia una empresa privada, popular y apoya-

da por las comunidades de agricultores, por lo general pequeños o medianos, frente a una larvada pero importante oposición de los grandes propietarios, sobre todo de la Nobleza e, incluso, menos, de la Iglesia. Un hecho que ha llegado hasta nuestros días. Y que, hasta cierto punto, contó con el apoyo de la Monarquía, en definitiva, el Estado, que, con su dominio implícito del territorio, tenía en su mano la "concesión" del uso de los distintos recursos naturales, en concreto, el agua.

El regadío tuvo, pudo tener, ya una presencia, rudimentaria pero efectiva, durante el Neolíticos. Así lo han hecho patente diversas excavaciones llevadas a cabo en Orce en el alto Guadiana Menor, en el valle medio del Genil, en torno a su borde meridional, y en diferentes lugares del curso del Ebro. El "azud", nombre que se da a las estacadas construidas en los afluentes del Ebro para desviar sus aguas y regar sus campos, tiene origen vasco, un hecho que parece probar que el aprovechamiento de las aguas fluviales era ya conocido, al menos, por los iberos. En el léxico relativo al riego en Aragón, Navarra y Rioja, existe un 88 por 100 de voces de origen latino y un 2.6 de procedencia prerromana frente a un 7.3 tomadas del árabe. Una situación contraria se da en el Levante mediterráneo (Al-Mudayna, 1991).

Durante la etapa romana las obras hidráulicas para el riego tuvieron una considerable importancia y alcanzaron un desarrollado generalizado. Existen referencias varias en autores como Plinio el Viejo y San Isidoro de Sevilla y en la llamada Ley de Osuna. Y son numerosos los recuerdos arqueológicos: por ejemplo, los pequeños embalses que abastecían a Emérita Augusta (Mérida) mediante el acueducto llamado de los Milagros, las tres construcciones para el riego en la vega de Calahorra, los canales y la presa existentes en el río Millares en Castellón, los restos de acueductos encontrados en Manises (Valencia) y, en fin, la presa descubierta en el río Cubillas, cerca de Deifontes, y un canal derivado del Monachil en la misma Vega de Granada (A. López Gómez, 1974 y Al-Mudayna, 1991) (Fig, 1).

Los musulmanes ampliaron y mejoraron el área regada, introduciendo sobre todo nuevas formas de uso y una nueva relación entre la propiedad del suelo y el agua para riego. Además de introducir y extender nuevos sistemas de elevación y uso del agua de origen oriental(J. Caro Baroja, 1988), desarrollaron toda una legislación no escrita que parece haberse perpetuado tras la Reconquista y mantenido vigente - Tribunal de las Aguas valenciano - hasta el momento actual, a pesar de la promulgación de la primeras Leyes del Agua de 1866 y 1879.

Figura 1. El acueducto de Segovia.

Y que parte del principio básico de que la propiedad de la tierra lleva inherente el derecho al uso del agua y una distribución equitativa entre los regantes Unos usos, que algunos investigadores consideran podían estar presentes en anteriores épocas y que no fueron utilizadas en ciertas comarcas del litoral mediterráneo, por ejemplo, en los regadíos alicantinos y, en parte, murcianos, en oposición a su plena raigambre en la Huerta valenciana, en las Vegas del Genil y del Ebro medio.

Abderramán III ordenó la construcción de una acequia en Écija y Alhaquen II favoreció obras similares en las Huertas levantinas y en la Vega de Granada, que, nacidas con Roma, fueron ampliadas y reguladas en los siglos XI, XII y XIII. En Levante, Al-Idrisí, a mediados de la centuria XII, dice que las aguas del río Turia "son útilmente empleadas en el riego de los campos, de los jardines, de las huertas y las casas de campo" valencianas. Más tarde, al conquistar Valencia en 1238, Jaime I otorgó a sus habitantes "todas y cada una de las acequias francas y libres", excepto la acequia Real que va a Puzol, y que tomaran el agua "según...estaba establecido y acostumbrado en tiempo de los sarracenos" (A. López Gómez, 1974 y 1975).

Por su parte, en la Vega del Genil, se conoce que los regadíos romanos, fueron mejorados por la dinastía zirí con la construcción de una acequia alimentada por las dos resurgencias cársticas llamadas de Aynadamar por los musulmanes, las fuentes Grande y Chica actuales, situadas en Alfacar, al norte de Granada, y que abastecían su Alcazaba

Cadima, el primero y principal asentamiento islámico. Así mismo, en el siglo XIII, Alhamar, el fundador de la dinastía nasrí, derivó las aguas del Darro con un sistema de tres acequias de las que, la Acequia Real atendía el Generalife y la Alhambra, mientras que las restantes, Axares y Romayla, abastecían la "Medina" y los barrios meridionales de Mauror y Realejo. Un complejo completado más tarde por otras dos derivaciones del Genil, las acequias del Cadí y Gorda, cuyas aguas se dedicaron especialmente al servicio y extensión de la Vega y a atender eventualmente a la ciudad (J. Bosque Maurel, 2010 y C. Ocaña Ocaña, 1972).

Obras y preocupaciones similares estuvieron vigentes en todos los reinos cristianos, especialmente en la Corona de Aragón. Considerable importancia adquirieron los regadíos en los territorios estrictamente mediterráneos, catalanes y, sobre todo, valencianos, bien conocidos desde el siglo XII y que condujeron a la construcción de numerosos embalses en los siguientes siglos XVI y XVII, con la consiguiente ampliación de la superficie irrigada (A. López Goméz, 1971) (Fig. 2).

En el mismo valle del Ebro existieron desde muy antiguo numerosos regadíos que dieron lugar a diversas Hermandades de Regantes, en ocasiones en franca disputa por el disfrute de sus aguas. Se podrían citar, aparte los riegos derivados de los manantiales de Cortes, Garrapinillos, Pinseque y Fuentes de Ebro, los nacidos de los azudes construidos en los ríos Jalón, Gállego y Huerva, unos y otros punto de partida de la Vega de Zaragoza. Se conocen ya en el siglo XII diversas acequias, posiblemente nuevas, las de Furon Mayor y Sageta, que beneficiaban las tierras de Alagón, y otras denominadas del Centen y de Pedrola, aguas arriba de la confluencia Jalón y Ebro, citadas en pleno siglo XIV. E, incluso, la llamada de Almudafar, quizás Almozara, en las Cinco Villas, existente en el siglo XII y reconstruida en el XIV, que pasaba por el lugar de la Almozara, ya en el entorno inmediato de Zaragoza. A pesar de ello, el agua seguía siendo un recurso escaso y en todo el valle del Ebro se producían las quejas y las llamadas a atender esa necesidad, causa de muchas rencillas entre las diversas Hermandades de Regantes.

Una escasez que, pese al importante desarrollo de la irrigación, condujo, en el siglo XVI, durante el reinado de Carlos I, a que se plantearan las primeras grandes obras hidráulicas modernas, iniciándose los canales Imperial de Aragón y de Tauste en el Ebro, y se proyectaran diversos planes sin efecto inmediato en el Duero y el Tajo(J. I. Fernández Marco, 1961).

Figura 2. Embalses levantinos construidos en los siglos XVI y XVII (Fuente.- A. López Gómez, 1971).

A finales del Cuatrocientos ya fueron frecuentes las demandas apoyadas en diferentes proyectos, como el de una llamada Acequia del Ebro, "como medio único de terminar para siempre y sin escándalos" con aquella situación. Un Privilegio del Rey Fernando el Católico de 1510 otorgaba a Zaragoza esa posibilidad que fue renovada por Carlos V en 1529. Un proyecto de Gil de Morlanes dio lugar a una Acequia Imperial que corría por la orilla izquierda del Ebro desde el Bocal en Fontelles, cerca de Tudela(Navarra) hasta Luceni (Zaragoza). En 1772 una inundación rompió la presa y sus riegos se terminaron (A. Jiménez Soler y otros, 1932 y J. I. Fernández Marco, 1961).

Los "Ilustrados", el agua y sus problemas en el siglo XVIII

El siglo XVIII fue un momento de extraordinaria preocupación por la mejora y racionalización del campo español. En gran medida por el empeño de la Ilustración respecto al paisaje natural y a su conservación y a unos usos racionales pero de rentabilidad económica y explotación óptima de sus recursos (L. Urteaga, 1987).

Los Ilustrados españoles, aparte de una reflexión y una intervención generalizadas sobre lo que Jovellanos en su *Informe sobre la Ley Agraria* denominó "la remoción de los estorbos que se oponen al... estado progresivo de la agricultura" (1994, 12), llevó a cabo una importante política hidráulica que alcanzó su cenit durante los reinados de Fernando VI y Carlos III. Sus ministros, Carvajal y Ensenada, y Floridablanca y Aranda, decidieron y apoyaron muchas de las obras realizadas por algunas empresas privadas, incluso extranjeras, y por las Asambleas de Regantes y otros colectivos de agricultores.

Entre otras muchas obras de interés público, se construyeron la Acequia Real en el Júcar, el Canal de la Infanta Carlota en el Llobregat y el de Huéscar en el Guardal, un afluente del Guadiana Menor y el Guadalquivir, además del frustrado Canal del Guadarrama, que incluso se planteó como el termino de una posible navegación por el Tajo y la creación de un puerto fluvial en Madrid (J. Mª Sanz García, 1988 y Al-Mudayna, 1991).

Y, sobre todo, se recuperaron y finalizaron los Canales Imperial de Aragón y de Tauste (1790) en el Ebro y se llevó a cabo el de la Tierra de Campos en el Duero (1804), con una especial interés por el transporte de mercancías, como estaba siendo entonces uso prácticamente único en Francia y Alemania. La reconstrucción de la Acequia Imperial

de Morlanes, apoyada desde un primer momento por Felipe V e iniciada con muchos problemas en 1768 por la empresa Badín, de capital y proyecto holandés, fue decidida por el Conde de Aranda, ministro de Carlos III que, el 9 de mayo de 1772, nombró Protector y director de las obras al Canónigo de La Seo de Zaragoza, D. Ramón de Pignatelli y Moncayo, su auténtico y decisivo responsable.

Tras una difícil gestión inicial de superación de toda una serie de intereses privados y de atonía administrativa, las obras, terminadas en 1790, dieron lugar a los Canales Imperial de Aragón y Real de Tauste, que recorren en paralelo, el primero por la orilla derecha, el segundo por la izquierda, las márgenes del Ebro (Fig. 3).

El Imperial, con nacimiento en Tudela (Navarra) y final, aguas debajo de Zaragoza, en Osera, tiene una longitud de ochenta y ocho kilómetros y podía regar hasta 31.300 Has. El Real de Tauste, con el mismo origen, termina en Remolinos, con sólo cuarenta y cuatro kilómetros y una capacidad de riego de 6.700 hectáreas. Dada la época de su construcción constituyen una de las obras hidráulicas – presa de embocadura, acueductos sobre el Jalón y el Huerva, por ejemplo- más señeras del pasado hispano(J. I. Fernández Marco, 1961 y J. Ml. Casas Torres,1960).

Otra empresa desarrollada en la misma centuria, aunque fuera de las regiones con más tradición, y la primera significativa en la Meseta central, fue el *Proyecto general de los canales de navegación y riego para los vecinos de Castilla y León*, presentado por Antonio de Ulloa, el compañero de Jorge Juan en los Andes. Aprobado en 1753 por la Ensenada, contemplaba la construcción de cuatro canales distintos aunque con similares objetivos y dispersos por toda la Meseta norte.

Ese mismo año se iniciaron las obras de uno de ellos, el Canal de la Tierra de Campos, o Canal de Castilla, por su trazado más sencillo y accesible, que comenzaba en Calahorra de Ribas y debería haber llegado hasta Medina de Rioseco pasando por Grijota y la laguna de la Nava; no llegó a terminase interrumpiéndose las obras en 1757. El siguiente año se comenzó el llamado Canal del Norte, en principio cerca de Reinosa, aunque solo se llevó a cabo un tramo iniciado en Alar del Rey y que, atravesando el río Pisuerga, cuyo curso debía seguir hasta enlazar con el Canal de Campos. El tercer canal, llamado del Sur o de Segovia, tras llegar a Valladolid, fue suspendido por falta de recursos. El Canal de Castilla venía a mejorar las comunicaciones y transportes interiores pero

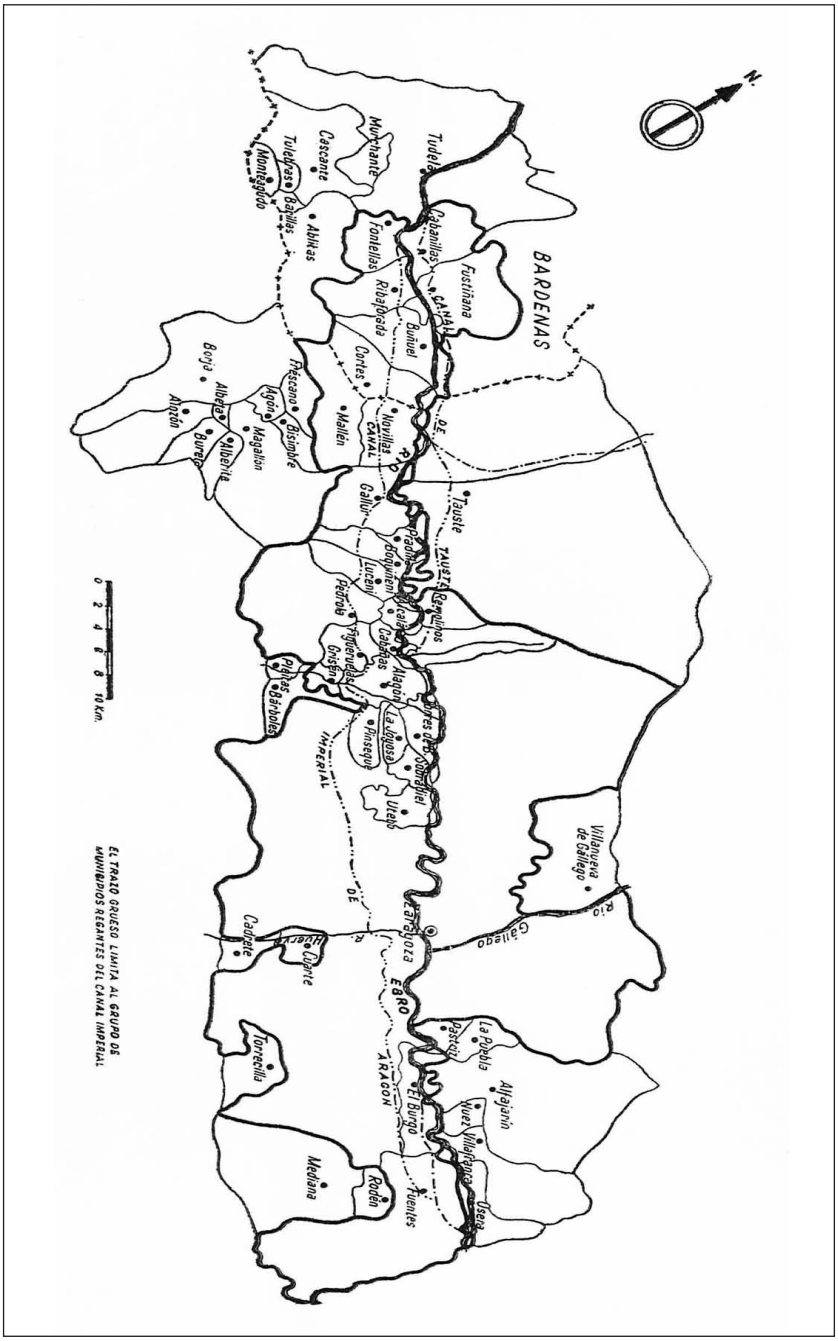


Figura 3. Trazado del Canal Imperial de Aragón (Fuente.- F. I. Fernández Marco, 1961)

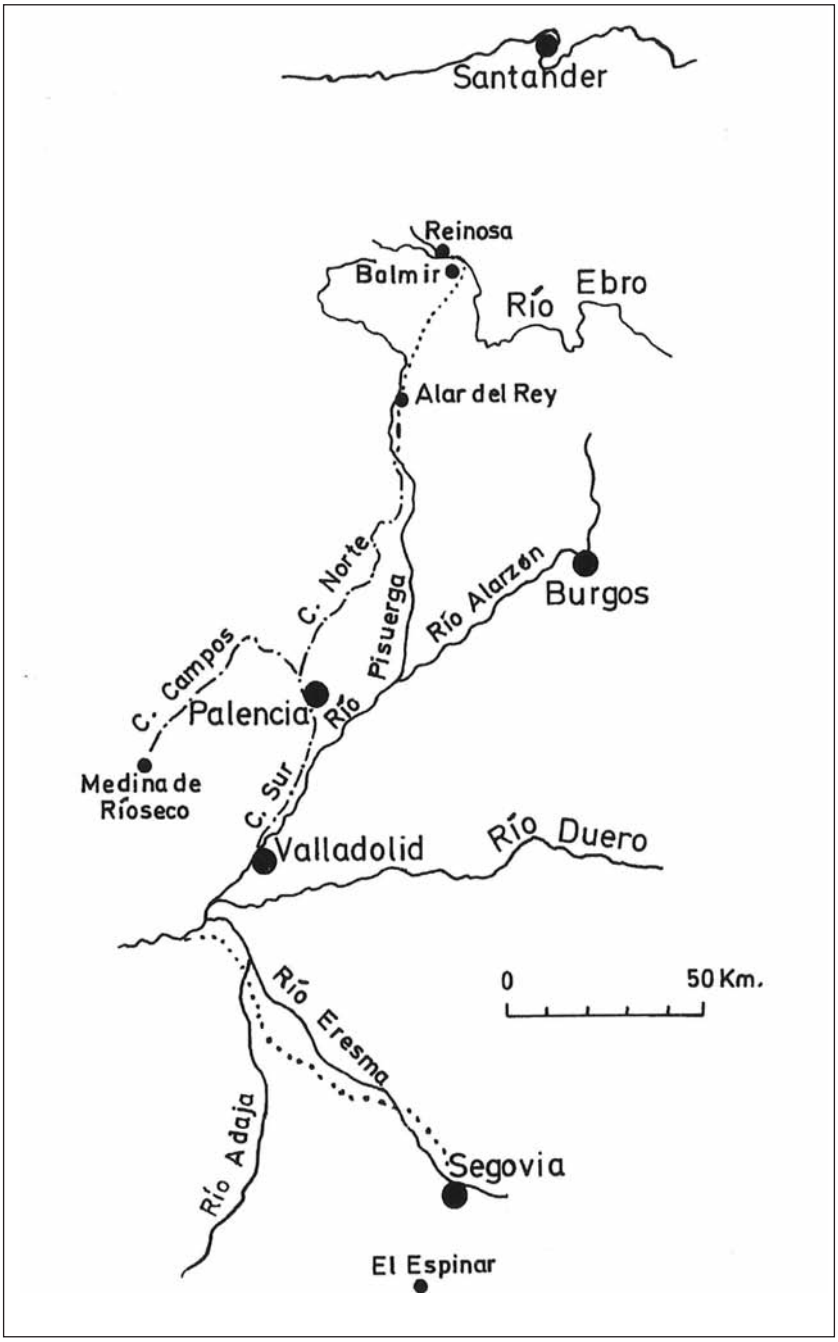


Figura 4. Plano general del Canal de Castilla (Fuente.- A. López Gómez, 1995).

no el riego que, al final, se ha convertido en su función principal(J. Benito Arranz,1957 y J. López Linaje, 1985) (Fig. 4).

Obra similar de gran empeño fue lo que pudiera considerarse como un primer trasvase entre la cuenca alta del Guadalquivir y la del Segura. Un proyecto franco-holandés organizado por el ingeniero Pradez y una Compañía Real denominada del Canal de Murcia en la que intervenían, con el capital galo, los Príncipes de Asturias, Juan Acedo Rico, Presidente de las Juntas Reales, y el duque de Híjar, obtuvo en 1777 de la Corte española la autorización para construir un Canal de Riego y Navegación con las aguas de los ríos Castril y Guardal y otros afluentes del Alto Guadalquivir.

Su objetivo era "regar y hacer fecundos los campos de Lorca, Totana y demás del Reyno de Murcia" y, además, transportar las maderadas de las sierras de Segura y la Sagra hasta el puerto y arsenal de Cartagena a fin de colaborar en la construcción de la armada española entonces en plena actividad. La obra, de gran complejidad – tenía 247 kilómetros e incluía superar mediante un túnel las grandes altitudes de la cabecera del Guadalquivir – no llegó a terminarse aunque subsisten en las altiplanicies granadinas de Huéscar huellas de aquellas obras (J. Mor de Fuentes, 1952 y Al-Mudayna, 1991).

Finalmente, se construyeron los dos primeros embalses modernos de Puentes y Valdeinfierno (1788) en el Guadalentín, un afluente del Segura, y se proyectaron los primeros grandes riegos en el valle del Segre, terminados y puestos en marcha en la siguiente centuria. En toda la cuenca del Segura, incluidas las huertas ya antiguas de Murcia y Orihuela, las necesidades de agua de riego eran siempre urgentes y, aparte las pequeñas obras de ampliación y mejora de los regadíos locales y/o comarcales existentes que, por ejemplo, llevaron a aumentar la Huerta murciana hasta un total de 11.667 Has, originaron constantes peticiones a la Corte relacionadas, en especial, con la penuria existente en el Campo de Lorca.

Para ello, entre 1735 y 1740, se encauza el Gualentín mediante el canal del Reguerón y, por fin, en 1774, un Real Decreto autoriza la construcción en el mismo río y con cargo a la Hacienda Real de los pantanos de Puentes y Valdeinfierno conforme a un proyecto del arquitecto Jerónimo Martínez Lara. Las obras se llevaron a efecto en 1785, tras un informe favorable del arquitecto Juan de Villanueva y el apoyo de Floridablanca, y tenían por objeto garantizar los riegos estivales en el Campo de Lorca.

Sus presas tenían una altura nunca alcanzada antes, cincuenta metros en el embalse de Puentes, que podía almacenar unos 65 millones de metros cúbicos; mucho menor era el embalse de Valdeinfierno, con una presa de treinta metros y una capacidad de 23 millones. Una decisión equivocada en el emplazamiento de Puentes, cimentado sobre gravas y arenas, contribuyó a su destrucción por una gran avenida en 1802.

Además, un sistema muy discutible de limpia y desagüe de las aguas limpias, facilitó el rápido aterramiento de ambos y su limitado aprovechamiento en el tiempo ya que su uso apenas rebasó los primeros años del siglo XIX. Un fracaso que, durante muchos años, justifico las criticas producidas durante su promoción, y limitó las intervenciones en los cauces fluviales y, sobre todo, el desarrollo de presas y embalses (A. Gil Olcina, 1972).

Todo un proceso teórico y práctico que fue la base del gran avance del regadío durante el siglo XX.

La plasmación de una primera política hidráulica nacional

Las propuestas de los "ilustrados", especialmente de Jovellanos, apenas pasaron del debate y la discusión en los primeros decenios del siglo XIX, y dieron lugar a que, en ese tiempo, la preocupación por el regadío se limitase al mantenimiento de los existente y, en el mejor de los casos, a simples incrementos locales o una mínima atención y ampliación por parte de los principales propietarios.

No cabe duda que, tanto la Guerra de la Independencia como las Guerras carlistas, al crear toda una situación económica y social poco favorable al quehacer y mejora de las estructuras imprescindibles para el desarrollo territorial, influyeron mucho en la desatención a cualquier política hidráulica.

Incluso, entre los numerosos estudios elaborados en estos años acerca del origen y la validez de las obras hidráulicas – un tema principal fue el enfrentamiento entre los partidarios de la existencia de un regadío preislámico aprovechado y respetado por los musulmanes y los que sostenían que el sistema era una estricta herencia musulmana – dominaba la hipótesis de que la elaboración de un gran complejo de irrigación exigía la existencia de un Estado estable y central capaz de sufragar y controlar las obras (Al-Mudayna, 1991, 15-16).

Es claro que estos años son también los del inicio de la formación de una burguesía favorecida por la desamortización de las llamadas "manos muertas", los bienes eclesiásticos y de comunes, de 1836 y

1845, y la primera capitalización implicada en el inicio de una industrialización no terminada y de que la "preocupación por nuestra agricultura casi se canalizase en una sola dirección: la política hidráulica" (R. Tamames, 1969,29).

No obstante, se produjeron diversas disposiciones legales que, a la larga, favorecieron a los sistemas de irrigación. Durante el Trienio Liberal, una ley de 1823, reiteró otra de las Cortes de Cádiz aboliendo el régimen señorial sobre las aguas que quedaron para el libre uso de los pueblos y sujetas al derecho común y a las ordenanzas municipales. Disposiciones mantenidas y mejoradas, entre alternativas, tras el reinado absolutista de Fernando VII, y que culminaron a mediados de la centuria.

La ley de 3 de agosto de 1866 sobre *Dominio y Aprovechamiento de Aguas* es el primer código español y europeo dedicado en exclusiva a esta materia, aunque la obra fundamental en materia de riegos fue la *Ley de Aguas* de 13 de junio de 1879 en plena Restauración de la monarquía, tras la proclamación de Alfonso XII en 1874, un momento que aparece como la etapa decisiva en la consolidación de una política iniciada a mediados de siglo.

Un elemento básico en la acuñación de todos los principios ideológicos de esa política hidráulica, fue el movimiento "Regeneracionista" característico del último tercio del siglo XIX con su objetivo de superar el atraso general que presentaba España frente al Occidente europeo y así "regenerar" el país.

Inspirado en los "Ilustrados" del siglo XVIII y en el "krausismo" de la Institución Libre de la Enseñanza, pretendía encontrar en la renovación de la agricultura y en el desarrollo de la irrigación la solución no sólo a los problemas del mundo rural sino, en definitiva, a todos los problemas socioeconómicos iniciados a comienzos del Ochocientos y sacados a la luz con la Restauración. Una preocupación que alcanzó su momento cumbre en el transcurso de las sublevaciones cubanas contra el dominio español y, sobre todo, en el "desastre" de la guerra con los Estados Unidos y su final en 1898.

Joaquín Costa Martínez (1846-1911) fue el "regeneracionista" más insistente, dentro de su interés por todos los temas sociales y económicos, en la defensa del regadío y en quién la política hidráulica adquirió su expresión más completa y más definida; según afirmaba, ésta era "una expresión sublimada de la política agraria y, generalizando más, de la política económica de la nación". Aunque todo ello exigía, añadió, que la Administración, a través de un Ministerio de Aguas" "coadyuvase a esa

obra proporcionando el beneficio del riego a la mayor extensión del territorio por los medios que se hallarían a su alcance y no al de los particulares" (J. Costa, 1911, 428 y J. Mª Sanz García, 1985).

Toda una preocupación quizás debida tanto a su conocimiento del pasado español en sus más íntimos y profundos problemas como a su raíces campesinas en una de las regiones, Aragón, más áridas y con menos desarrollo, y también una de las más necesitada del regadío. Y que le llevó a una propuesta de acción regional, recogida más tarde en los sucesivos planes hidrográficos habidos hasta la fecha, los Riegos del Alto Aragón, que, recogiendo en su cabecera las aguas del Pirineo Central, irrigarían y dinamizarían los desiertos de las Bardenas navarras y los Monegros aragoneses(J. Costa, 1880-1892) (Fig. 5).

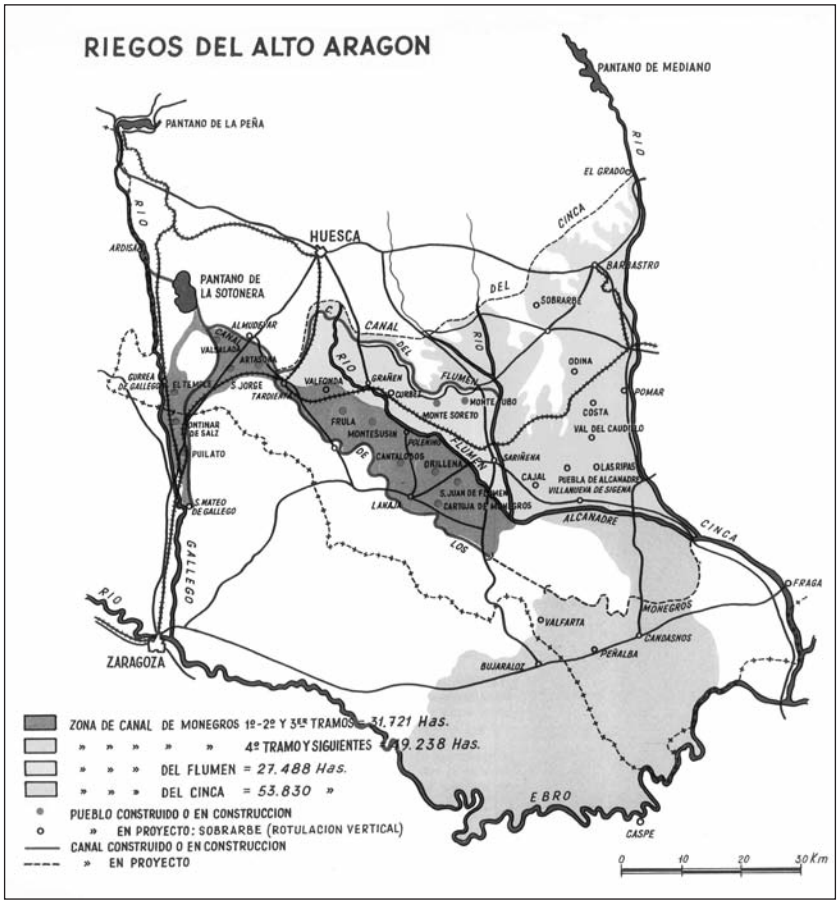


Figura 5. Riegos del Alto Aragón (J. Ml. Casas Torres, 1960).

A estos planteamientos sobre los usos del agua, añadió que su puesta en marcha exigía, "mediante reforma o perfeccionamiento...de una tupida red de caminos carreteros", que "la nueva agricultura intensiva disponga, en plazo muy breve, de un instrumento tan potente como el que representan 175.000 o 200.000 kilómetros de caminos vecinales". Y añadía que poco se podría alcanzar de una enseñanza que responda al patrón de la normal en Europa:"escuelas donde se hagan hombres, donde se haga nación, restaurando el organismo corporal, tan decaído en nuestra raza, y educando tanto o más que el entendimiento, la voluntad" (J.Costa, 1880-1992 y N. Ortega, 1979).

Joaquín Costa y otro gran ideólogo del "regeneracionismo, Ricardo Macías Picabea (1847-1899), fueron "el soporte ideológico del regadío en España hasta el año 1959" (E. Nadal, 1981, 136). En su obra, *El Problema nacional. Causas, problemas, remedios* (1899), Macías Picabea expuso su pensamiento sobre la política hidráulica como parte de la "obra reconstituyente del país", como "civilizadora de la tierra" y "civilizadora de la población", ya que, en una economía agraria como era la España de la Restauración, el progreso del campo era la condición fundamental para la "regeneración" de España. Un país en el que el mayor obstáculo al desarrollo era la falta de humedad; así, el desarrollo de la agricultura y, por tanto, del país debía basarse en la extensión del regadío.

Toda una teoría que había tenido un principio más o menos geográfico en la intervención en 1882 de Lucas Mallada (1841-1921) sobre *Causas de la pobreza de nuestro suelo* en la Real Sociedad Geográfica, creada pocos años antes, en 1876, una conferencia origen de una gran debate y convertida y ampliada en un libro con el título de *Los males de la Patria* algún tiempo después (1890) (L. Mallada, 1882 y L. Urteaga, 1988-1989).

Las ideas de Costa y Macías Picabea estuvieron siempre presentes en otros "regeneracionistas", en muchos casos miembros de la "generación del 98" y, en especial, de Ángel Ganivet (1865-1898) y Miguel de Unamuno (1864-1936). La lectura de la obra conjunta de ambos escritores, *El Porvenir de España*, que recoge la correspondencia abierta entre los dos pensadores en las páginas del periódico *El Defensor de Granada* desde el 12 de junio al 17 de septiembre de 1898, bastaría para demostrarlo.

Las aspiraciones latentes de ampliación y mejora del regadío español tuvieron en la segunda mitad del Ochocientos y, hasta cierto punto,

apoyados por las Leyes de 1866 y 1879, una cierta aplicación en un conjunto de importantes derivaciones de las aguas de los afluentes de la margen izquierda del Ebro.

En concreto, la plasmación de un viejo proyecto de 1782 de la villa de Tamarite de la Litera de tomar aguas de los ríos Esera y Cinca y que, tras diferentes intentos fallidos, dio lugar en 1866 a una empresa privada que, con el nombre de *Canal de Aragón y Cataluña* debería regar 104.000 Has. de las provincias de Huesca y Lérida. Las obras, realizadas entre 1891 y 1909 ya bajo la presión de Costa, dieron lugar a un canal principal de 124 kilómetros que comenzaba en Olivenza en el río Esera y acababa en La Granja de Escarpe en el Segre. Una derivación, el canal de Zaidín, de 47 kilómetros, se iniciaba entre Monzón y Binefar, finalizando en el Amarga, un afluente del Cinca. Y no fueron los únicos regadíos puestos en marcha en esos momentos, aunque todos menores.

El desastre del 98 con todas sus implicaciones económicas y sociales golpeó duramente la conciencia nacional y planteó sin ambages una triste realidad que hasta entonces no había sido reconocida por una parte de la sociedad española. Sí lo fueron los planteamientos regeneracionistas que dieron lugar a actitudes intelectuales y literarias significativas y a un renacimiento cultural que alcanzó su momento culminante en los años veinte del Novecientos. Y, también, a todo un esfuerzo de superación socioeconómica pleno de tensiones y problemas de amplio espectro, con sus primeros frutos a lo largo del primer decenio del siglo XX.

Por ejemplo, los capitales emigrados entonces de Cuba, Filipinas y Puerto Rico permitieron un desarrollo financiero punto de partida de la actual banca nacional –Bancos Hispano Americano (1900), de Vizcaya (1901) y Español de Crédito (1902)- y, en paralelo, activó la siderurgia vascongada con los Altos Hornos de Vizcaya (1902), las industrias textil y química catalanas –Sociedad Anónima Cros (1904) y Mutua de Fabricantes de Tejidos (1907)- y la minería y la industria asturianas, con la constitución de la Sociedad Metalúrgica Duro-Felguera. Un símbolo del ese cambio podría encontrarse en la arquitectura "modernista" de Antoni Gaudi y en su Parque Güell de Barcelona, un encargo de uno de los principales industriales catalanes de ese tiempo.

Aunque tuvo, quizás, sus mejores resultados en la atención concedida al mundo rural. El 25 de abril de 1902, se aprobó el primer *Plan Nacional de Obras Hidráulicas* del Ministro de Fomento Rafael Gasset, anticipo claro de las propuestas posteriores y en el que muchas

de las aspiraciones de los "regeneracionistas" tuvieron singular acogida. Se elaboró a partir de los estudios aportados por las siete Divisiones de Trabajos Hidráulicos creadas en 1900.

Recogía más de doscientos proyectos de obras hidráulicas, que habrían de afectar a 1.496.000 hectáreas, con una inversión de 193 millones de pesetas y un posible efecto sobre 250.000 familias. Sin duda era un plan muy ambicioso pero poco elaborado, apenas un catálogo de actuaciones, sin presupuestos e incluso irrealizable. Pese a su "impracticabilidad, sus planteamientos ya significaron un paso adelante: las obras ya no se conciben aisladas, sino en conjuntos por "cuencas y subcuencas", concediéndole al Estado un cierto papel en su fomento y realización aunque manteniendo aún las "concesiones" y una importante intervención privada (Al-Mudayna, 1991, 503).

Además tuvo algunas consecuencias efectivas: a él se debe el comienzo de los pantanos de Guadalcacín (1906) y Guadalmellato (1909), la transformación del Canal de Castilla en un canal de riego en este último año y el inicio del regadío en el mismo Guadalquivir (1911). Aunque, sin duda, el proyecto más ambicioso fue el, siempre soñado por Costa, *Plan de Riegos del Alto Aragón*, objeto de algunas propuestas a mediados del siglo XIX, y aprobado en las Cortes el 7 de enero de 1915. Preveía la puesta en regadío de unas 300.000 hectáreas que beneficiarían a ochenta y cuatro pueblos de Huesca y Zaragoza (Fig. 5).

El complejo se apoyaba en uno de las mayores embalses de la época, el de Yesa en el río Aragón, y en otras tres presas menores, las de Mediano, Ardisa y la Sotonera, sitas en la cuenca del Gallego, otro afluente del Ebro que desemboca cerca de Zaragoza. De estos pantanos se derivaban tres importantes canales, el de las Bardenas que fertilizaría 30.000 hectáreas en la comarca de las Cinco Villas de Aragón, el del Cinca, con un área regable de 80.000 Has., al este de la provincia de Huesca, y el de los Monegros, una comarca desértica al nordeste de Zaragoza en la que se regarían más de 200.000 Has. El proyecto, muy ambicioso y con serios problemas técnicos, iniciado en los primeros años veinte del siglo pasado, nunca hasta la fecha ha encontrado su fin. Actualmente, tras casi un siglo de edad, apenas son 60.000 las hectáreas regadas de las 300.000 programadas (J. A. Bolea, 1978).

Los resultados obtenidos por las primeras reacciones al Desastre eran bastante positivos pero, sin duda, podían haber sido mejores. Sobre todo si se comparan con el indudable lento progreso anterior y las mejores posibilidades técnicas existentes en 1900.

A finales del siglo XIX se estimaba que el regadío alcanzaba una superficie de unas 900.000 Has, de las que una parte fundamental estaba constituida por los regadíos tradicionales mediterráneos (Castellón, Valencia, Murcia y Orihuela), amén de los correspondientes a las Vegas del Alto Guadalquivir, incluidas las granadinas del Genil y el Guadiana Menor, y de la confluencia del Ebro con sus principales afluentes, Arga, Aragón, Jalón, Cinca y Segre. Poco después, en 1918, la superficie regada ya se calculaba en 1.200.000, con similar distribución regional y un incremento corto que fue superado considerablemente en las etapas siguientes (A. Llauradó, 1884).

Nuevos planteamientos: la Dictadura y la II República

Las expectativas despertadas en los primeros año del siglo XX perdieron fuerza enseguida por la persistencia en mantener la ejecución de las obras de irrigación a particulares o empresas privadas a través de las tradicionales concesiones. Demostrada su insuficiencia, seguidamente se trató de llegar a soluciones nuevas, esencialmente intervencionistas en las Leyes de 7 de julio de 1905 y, sobre todo, en la definitiva de julio de 1911.

Supuso la alteración fundamental del régimen de concesiones, al establecer que el nuevo regadío sea llevado a cabo por el Estado con el apoyo económico de los propietario de la tierra y, excepcionalmente, por cuenta exclusiva del Estado, surgiendo la consideración plenamente actual de "obra pública" que adquiere la transformación en regadío.

En esta línea discurrió el *Plan Extraordinario de Obras Públicas* de 1916, modificado en 1919, cuyos objetivos más modestos que los de 1902 - 115 acciones y 596.000 Has. y un coste de 548 millones de pesetas – apenas consiguió un veinte por 100 de lo programado a causa de la lenta construcción de las imprescindibles redes distribuidoras del agua de los embalses finalizados. Así, en 1911, tendrá lugar un cambio decisivo, será el Estado quien deberá realizar directamente las grandes obras hidráulicas dedicadas al riego –embalses y canales principales-, quedando sólo a la iniciativa privada las obras secundarias y de puesta en riego.

Sin embargo, los resultados obtenidos fueron muy limitados debido a las dificultades derivadas de una cierta oposición de los grandes grupos económicos, sobre todo rurales, y al creciente deterioro de un aparato estatal incapaz de mantener una actitud de fuerza y de cumplimiento de lo legislado.

Una situación que intentó solucionar la imposición de la Dictadura del general Primo de Rivera. Nacieron entonces nuevos planteamientos que parecían inaugurar una nueva etapa creadora (1923-1929). Su política hidráulica se enmarca dentro de una política económica que pretende el aumento y la distribución de la renta nacional a través de la mejora de la agricultura, el fomento de la industria y el desarrollo del comercio exterior, aunque con una especial atención a las obras públicas.

Se insistía de nuevo en la "teoría del desarrollo" a través del agua y sus usos que recuerdan a la Ilustración y al Regeneracionismo. Pero, a la vez, se pretendía llevarla a cabo "sin alterar, prácticamente, la estructura social española que recibía como herencia de la Restauración" y a ser realizada mediante una dedicación preferente "al tejido que constituye el substratum de toda política de desarrollo económico, es decir, a las obras y servicios públicos" (J. Velarde Fuertes, 1973, 51)

El año 1926 será el punto de partida de la nueva política hidráulica de la Dictadura. Figura fundamental en esta tarea fue el ministro conde de Guadalhorce, quien "estableció las bases imprescindibles para el desarrollo del regadío en España hasta 1959" (E. Nadal,1981, 136), con dos líneas principales de actuación diseñadas en una doble disposición legal del citado año 1926 y dos líneas principales de actuación en ellas planteadas.

Por una parte, se quería conseguir la plena efectividad de las obras realizadas y por realizar, por lo que un Decreto-Ley de octubre de 1926 establecía la obligatoriedad de transformar en auténtico regadío las tierras afectadas por las grandes obras pública en un plazo máximo de veinte años, que de no cumplirse podría originar su expropiación.

La segunda línea la constituían unos nuevos y más coherentes procedimientos y criterios de actuación, creándose para ello, por Real Decreto de marzo del mismo año, las Confederaciones Sindicales Hidrográficas, convertidas en unidades de estudio y coordinación de los intereses de cada cuenca, siempre dentro de una máxima autonomía funcional.

En su apoyo se crearon un Consejo de Energía y un Comité Central que las aunaban y las defendían. En esas misma disposiciones legales se estableció la primera Confederación Sindical Hidrográfica, del Ebro, única que en realidad llegó a contar con todas las competencias programadas. Y en la que se concentraron la mayor parte de las acciones realizadas en los años siguientes hasta el comienzo de la Guerra Civil, las más importantes de ese tiempo.

Las restantes Confederaciones establecidas algo más tarde, las del Segura, Duero, Guadalquivir y Pirineo Oriental, apenas pudieron desarrollarse. Un funcionamiento frustrado, en cierta medida, por el desinterés y la oposición larvada de los grandes propietarios y de los principales capitales financieros e industriales, a fin de utilizarlas en su provecho (J. Velarde Fuertes, 1968).

La proclamación de la II República mantuvo en principio esa misma política. En su transcurso, Manuel Lorenzo Pardo, uno de los colaboradores del Conde de Guadalhorce, pese a ciertas limitaciones producidas incluso antes de 1931, como la pérdida de autonomía de las Confederaciones, convertidas en Mancomunidades Hidrográficas, sentaría con su Plan de 1933 el punto de partida del más serio y concienzudo anteproyecto de obras hidráulicas de la historia española.

Planteamientos que estaban involucrados en la pretensión de afrontar los problemas sociales. Entre ellos, la denominada cuestión agraria, con otras palabras, la Reforma Agraria, tenía singular importancia. Uno de sus más significados protagonistas técnicos, Pascual Carrión, afirmaba en 1932, "No necesitamos decir que los problemas que a la tierra afectan son fundamentales para la vida de los pueblos... En estos momentos que en España se desea establecer un régimen más justo, que evite la miseria y asegure un cierto bienestar a todos los trabajadores, la reforma agraria hay que acometerla francamente; no se puede ir con paliativos" (P. Carrión, 1973, 33-35).

La puesta en marcha de una verdadera política hidráulica –tan deseada por las clases medias y, sobretodo, por las clases medias agrarias- dentro de la política agraria republicana tuvo verdadera importancia. Lo prueba el hecho de que "la República gastase, en promedio, ochenta millones anuales durante los dos primeros años, y que, en 1933, Azaña (dedicase) 158 millones de pesetas, cifra casi cuatro veces mayor que la media de Primo de Rivera" (E. Malefakis, 1971, 276).

En todo caso, el reformismo republicano no pretendía limitar la política agraria a una transformación en regadío. El mismo Pascual Carrión advertía la necesidad de "tener en cuenta que las posibilidades de extensión de los regadíos son limitadas y su ejecución lenta, porque la construcción de canales y pantanos, la nivelación de tierras y, especialmente, la educación del labrador para los nuevos cultivos, exige varios años. Dar como solución inmediata del angustioso problema campesino el regadío, es desconocer la naturaleza de esta mejora o la trascendencia de aquel problema" (P. Carrión, 1973, 337).

Por ello, la *Ley de Obras de Puesta en Riego* aprobada en 1932 expresaba claramente su propósito de promover e intensificar la transformación íntegra en regadío del máximo posible de tierras y de imponer la intervención estatal directa en la realización de las obras hidráulicas e su totalidad. Así, la Ley establecía que el Estado tendría a su cargo la totalidad de las obras necesarias para el efectivo aprovechamiento de los recursos hidráulicos y planteaba, en paralelo, la completa y coordinada transformación de las zonas afectadas siempre dentro del espacio correspondiente a las cuencas dominadas por cada Confederación Hidrográfica, ahora Mancomunidades. Unos planteamientos que implicaban también la realización de una política de colonización del espacio agrario, ya esbozada por el Plan Gasset, estudiado por los gestores de las propuestas de la Dictadura y considerado y utilizado en los años cuarenta para la creación del Instituto Nacional de Colonización (E. Gómez Ayau, 1961).

Un anteproyecto materializado en el *Plan Nacional de Obras Hidráulicas* elaborado por el Centro de Estudios Hidrográfico creado en febrero de 1933 por el entonces ministro de Obras Públicas, Indalecio Prieto, y cuyo texto dirigido y coordinado por Manuel Lorenzo Pardo fue aprobado por las Cortes en mayo de 1933. En primer lugar, analizaba detalladamente las insuficiencias de los planes que se habían sucedido desde el redactado por Gasset de 1902 y la incidencia de las acciones llevadas a cabo en el primer tercio del siglo XX, así como a valorar las obras en marcha en 1933.

Tabla I

Situación de las grandes obras hidráulicas (1902-1933)

	Plan Gasset 1926				Obras 1933		
Cuencas	Uno	Dos	Tres	Cuatro	Uno	Dos	Cinco
Pirineo Este	18	1	4	13	0	3	1
Miño-Norte	11	0	10	1	0	0	1
Ebro	51	11	23	17	25	38	14
Júcar	18	2	6	10	21	21	6
Segura	12	1	8	3	7	10	10
Guadiana	43	1	41	1	2	2	2
Tajo	47	3	36	8	5	6	3
Duero	51	7	1	13	10	16	6
Sur	7	0	4	3	3	4	6
Totales	296	29	173	94	75	108	58

Clave.- Uno: Incluidas. Dos: Terminadas. Tres: Desechadas. Cuatro: En ejecución. Cinco: En ejecución.

Fuente.- Plan de Obras Hidráulicas, 1933.

Según el Plan de 1933, las obras incluidas del Plan Gasset ascendían a 296, de las cuales se habían terminado 29, estaban pendientes 173 y se habían desechado 94. La cuenca del Ebro era la más favorecida con once terminadas y 23 en construcción. A distancia aparecían las del Duero y Tajo con sólo 7 y 3 acabadas y 31 y 36 pendientes. Las cuencas del Miño y los ríos cantábricos aparecían como los menos favorecidos: once obras incluidas y ninguna acabada, además de once pendientes. En total, hasta 1926 se habían terminado 75, pertenecientes 25 al Ebro, 21 al Júcar y 10 al Duero. En definitiva, hasta 1933, se habían finalizado 108 obras y estaban en ejecución otras 58.

A continuación se refería a las directrices generales y a las características de las obras a realizar en el conjunto del territorio español. Atribuía a los nuevos regadíos "un función impulsora de la producción, con el doble objeto de satisfacer las necesidades del consumo nacional y de proporcionar productos apetecibles por el mercado exterior, en una palabra, resolver conjunta y armónicamente el problema económico en su aspecto agrícola, ofreciendo medios y plazo para los restantes. La influencia sobre la actividad general y sobre esos factores de la producción y de la vida nacional es indudable y será inmediata" (M. Lorenzo Pardo, 1933, 103).

El Plan Nacional de 1933 era un completo y ambicioso proyecto que se proponía incidir sobre un total de 1.478.335 Has. e incrementar la superficie ya dominada en 1.285.900 Has. Estaba, en principio, ligado a la *Ley de Colonización y Repoblación Interior* de 30 de agosto, muy influida por el pensamiento de Costa y por el Instituto de Reformas Sociales, y a las no muy sustanciosas modificaciones introducidas por Gasset y el conde de Guadalhorce.

Por una parte, pretendía contrarrestar la posibilidad creciente de una agitación campesina ya explícita, sobre todo en Andalucía, desde el último decenio del siglo XIX. Para ello se quería complementar la transformación en regadío con la consiguiente colonización de las áreas afectadas mediante la parcelación del regadío en espacios donde asentar, con posibilidades de subsistencia y arraigo, a la población rural mejor preparada técnicamente pero sin olvidar su situación social de deterioro vital.

La totalidad de las obras a realizar que iban a cubrir un total de 1.464.920 hectáreas, 1.195.790 de nuevos regadíos y 269.665 de riego mejorado, se distribuían en función de las posibilidades de cada cuenca y también con relación a su urgencia, ocupando el primer lugar en

superficie el valle del Ebro, con 295.000 Has., seguido por las cuencas del Júcar, 225.400, el Pirineo Oriental, 229.200, y el Guadalquivir, 193.050. ocupando el último lugar, las cuencas del Miño y el Cantábrico, apenas 6.000.

Tabla II
Plan General de Obras Hidráulicas (1933)

	Primera etapa (5 años)			Segunda etapa (5 años)			
Cuenca	**Nuevo**	**Mejorado**	**Total**	**Nuevo**	**Mejorado**	**Total**	**Total General**
Pirineo	13.600	1.600	15.200	212.000	-	212.000	229.200
Ebro	141.000	154.925	295.925	-	-	-	295.000
Júcar	95.000	74.000	169.000	54.500	2.940	57.440	225.400
Segura	66.000	-	66.000	26.500	-	26.500	92.500
Sur	33.430	8.000	41.430	57.100	-	57.100	98.530
Guadalquivir	141.650	13.000	155.050	38.000	-	38.000	193.050
Guadiana	70.000	-	70.000	53.640	-	53.640	120.640
Tajo	55.000	6.800	61.800	53.600	-	53.600	115.400
Duero	69.200	10.000	79.200	10.000	-	10.000	89.200
Miño y Norte	6.000	-	6.000	-	-	6.000	6.000
Total	690.880	266.725	959.605	505.790	2.940	508.730	1464920

Fuente.- Plan Nacional de Obras Hidráulicas, 1933.

Otra idea, magnificada posteriormente, y desarrollada en distintas publicaciones de Lorenzo Pardo, esencialmente economicista, consideraba las profundas diferencias ambientales existentes entre la porción interior de la Iberia seca definida por Brunhes, la Meseta y, en menor proporción, el Valle del Ebro, frente a las regiones mediterráneas de Levante, más la cuenca del Guadalquivir y, hasta cierto punto, la Alta Andalucía o, al menos, sus llanos litorales. Dadas las mayores posibilidades de estas últimas de una producción de fácil exportación al resto de Europa por su exotismo y/o sus mejores rendimientos, cabía la preferencia en el desarrollo del regadío en el Este y Sur de España e, incluso, el trasvase de una parte de los muy superiores caudales de los ríos atlánticos, el Tajo y el Duero, por ejemplo, a los mediterráneos, Turia, Júcar y Segura, de menos caudalosidad y acusada sequía estival. La existencia de las tradicionales Huertas y Vegas levantinas y andaluzas parecía justificar la imperiosa necesidad de esta extraordinaria transformación territorial (Fig. 6).

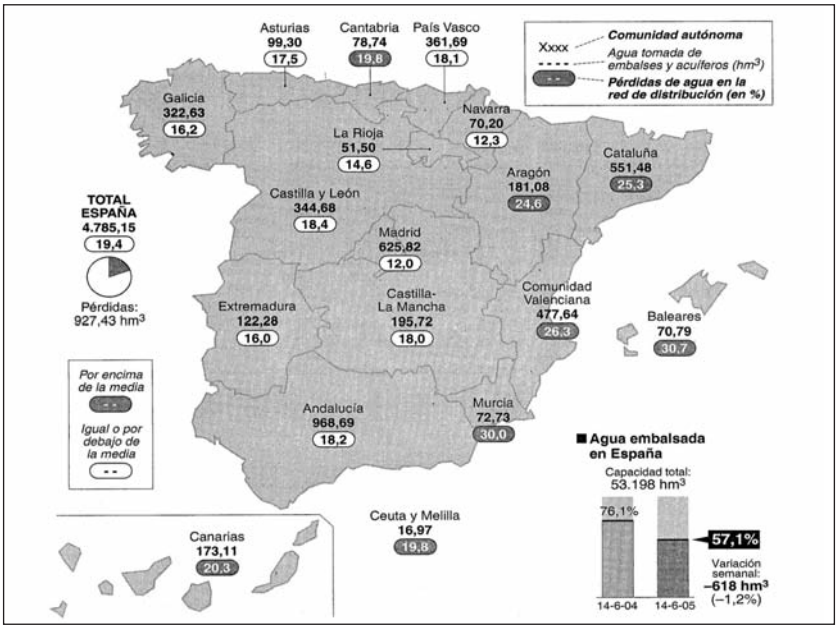


Figura 6. Pérdidas de agua en la red de distribución del regadío (Fuente.- Ministerio de Fomento y Anuario El País, 2007).

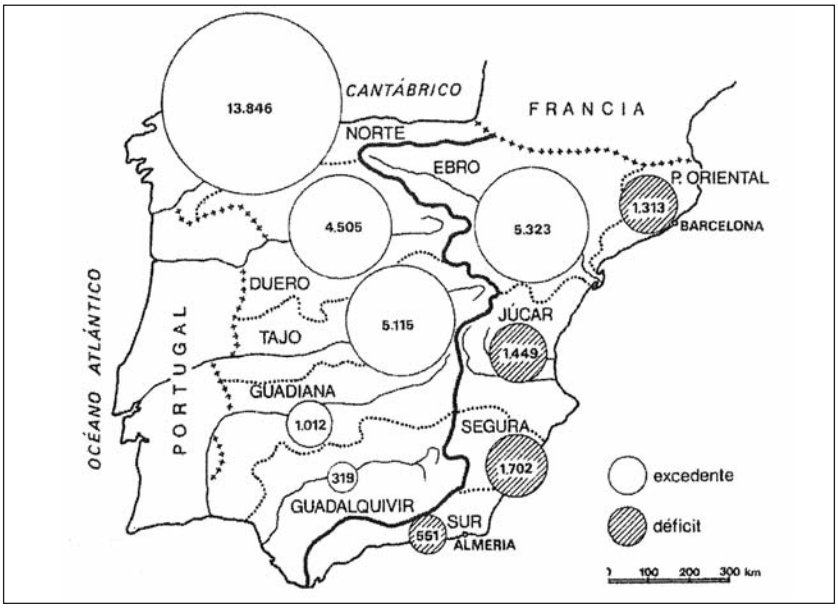


Figura 6 bis. Diferencias de caudal en la Península Ibérica.

Un tratamiento ya existente en las actuaciones desarrolladas en los años treinta. Mientras que el 20,29 por 100 de la superficie dominable por el nuevo regadío a llevar a cabo se localizaba en el Júcar y en el Segura, agotando prácticamente las posibilidades de esas cuencas, el Duero, el Tajo y el Guadiana, con sólo un 26,64 del total nacional a construir, se encontraban muy distantes de su potencial. Incluso, en el Plan de 1933 se planteaba ya la necesidad de trasvasar aguas de la cabecera del Tajo y del Guadiana a esas tierras mediterráneas (N. Ortega Cantero, 1979 y A. Morales Gil y otros, 2005).

Toda una compleja suma de sugerencias y un ambicioso plan que no pudo ni quisiera iniciarse por la sublevación militar del 18 de julio de 1936. Aunque, muchas de sus ideas y sus propuestas se han mantenido hasta la fecha por encima de otras posibles consideraciones. Por ejemplo, los trasvases entre el Norte y el Sudeste pese a los altos costes exigidos por las correspondientes e imprescindibles obras, y, en especial, a los intereses de las gentes de las cuencas que debían suministrar el agua que faltaba en las favorecidas por los trasvases.

La política hidráulica desde 1940 a 1975

La política hidráulica del "regeneracionismo" fue mantenida y llevada a la práctica hasta cierto punto entre 1940 y 1975, como base de "una política de (nuevos) riegos y (repoblación de los) bosques" que había sido ya recogida y considerada en los mismos años treinta por los grupos falangistas y jonsistas, aunque sin aportar ninguna novedad importante a la iniciada por el Conde de Guadalhorce en 1923 y continuada por Manuel Lorenzo Pardo con el Plan de 1933 (N. Ortega, 1979).

Apenas finalizada la Guerra Civil, el "Nuevo Régimen" se planteó una reforma agraria que, en realidad, venía a contradecir y suspender la propuesta e iniciada por la II República. Así, la *Ley de Bases* de 26 de diciembre de 1939 para la *Colonización de Grandes Zonas* establecía específicamente los criterios y los procesos de una política que afrontaría "la reforma de las estructuras agrarias" y aportaría la solución definitiva al "problema social de la tierra".

La "nueva reforma de la tierra" excluía la transformación y reparto de los latifundios y se inclinaba por una "revolución estrictamente tecnológica" de aumento de los rendimientos y de la productividad y en la que se concedía un papel importante a la colonización de las tierras dominadas o dominables por la irrigación, lo que exigía la conti-

nuación de las obras hidráulicas correspondientes desarrolladas por el *Plan General de Obras Públicas* de abril de 1939, muy influido sin duda por el de 1933 de Lorenzo Pardo (N. Ortega Cantero, 1979).

Unos objetivos que provocaron, como instrumento adecuado, la creación en 1940 del *Instituto Nacional de Colonización* y la imprescindible colaboración de las Confederaciones –ya no Mancomunidades– Hidrográficas, reestructuradas sobre unas bases esencialmente técnicas y profesionales. Y que, en breve tiempo, condujeron a un nuevo *Plan Nacional de Obras Hidráulicas* aprobado en 1943 y programado por el ministro Alfonso Peña Boeuf, un plan menos ambicioso y responsable en gran medida de los trabajos llevados a cabo hasta 1975 y, después, hasta el momento actual con un ritmo muy inferior y unos distintos propósitos.

Desde entonces el avance de la irrigación fue continuo: 1.450.000 en 1950, 2.617.000 en 1975, 3.213.000 en 1985 y casi 3.900.000 en 2000 y más de 4.200.000 en 2005. Si, en 1900, el regadío significaba apenas el 5 por 100 de las tierras cultivadas, a comienzos del siglo XXI comprendía en torno al 15 por 100 (Tabla III).

Tabla III
Evolución de la superficie regada (1900-2005)

Año	Cultivos herbáceos	Cultivos leñosos	Total
1900	-	-	900.000
1918	-	-	1.200.000
1930	-	-	1.350.000
1950	1.150.000	309.000	1.459.000
1960	1.468.000	342.000	1.810.000
1970	1.710.000	488.000	2.198.000
1975	2.049.000	568.000	2.617.000
1980	2.214.000	608.000	2.822.000
1985	2.345.000	662.000	3.213.000
1990	-	-	3.300.000
1995	-	-	3.550.000
2000	-	-	3.874.000
2005	-	-	4.200.000

Fuente.- Ministerio de Agricultura

Cifras oficiales del Ministerio de Agricultura, pero a las que cabe añadir un 20 por 100 más, "ya que no todas las pequeñas derivaciones se declaran, ni se declara tampoco toda la tierra que se alcanza a regar con cada perforación particular" (A. Cabo Alonso, 1988, 26) En este

incremento más o menos oficial, podría encontrarse una parte de las 350.000 nuevas hectáreas de regadío aparecidas en un estudio con satélite sobre el cambio del suelo realizado por el Instituto Geográfico Nacional entre 1990 y 2000 y dado a conocer el año 2005.

En esa cifra entran cultivos regados todo el año – arrozales, frutales, hortalizas, viñedos y olivares – y que, centrados especialmente a todo lo largo del litoral mediterráneo, forman parte de zonas con un claro déficit de agua y que, por ello, dificultan la gestión del agua al menos en épocas de sequía según la Secretaría para la *Biodiversidad y Ordenación del Territorio* del Ministerio de Medio Ambiente y otros, menos significativos, de un riego temporal y, por ello, discontinuo (R. Méndez, 2005) (Fig. 7).

En el desarrollo último del regadío, desde los años treinta del siglo XX, hay que distinguir un periodo de iniciativa pública dominante, que desde 1940 y hasta 1975 correspondió al Instituto Nacional de Colonización (INC) y, más tarde, al Instituto de la Reforma Agraria (IRYDA) (1971), responsables del 61.8 por 100 de todas las tierras ganadas por el riego hasta esa fecha. Así, el Estado ha sido el creador de la mayor parte de las obras de irrigación más espectaculares e importantes realizadas desde 1900.

Entre ellas cabe distinguir varios proyectos de gran magnitud y empeño como los Planes Badajoz y Jaén, expresamente dedicados a dos de las

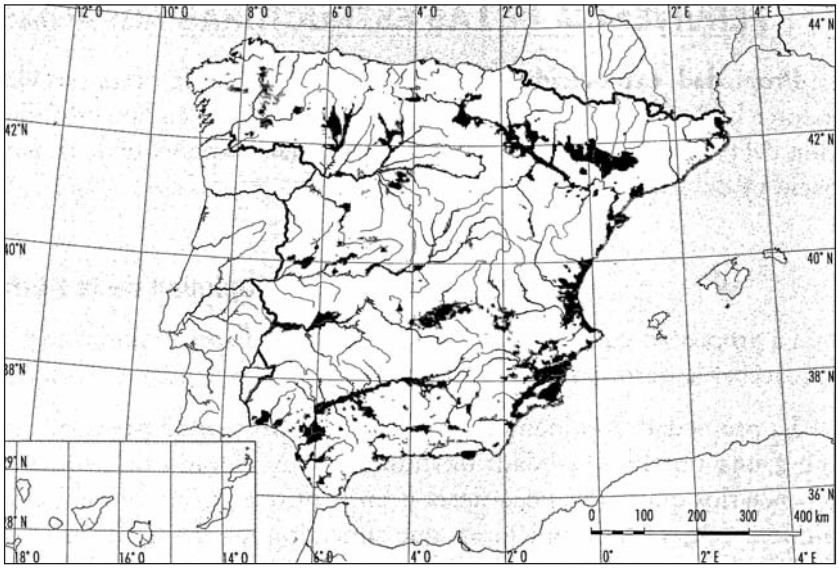


Figura 7. El regadío español actual y su distribución espacial (Fuente.- B. del Valle y otros, 2003).

áreas menos desarrolladas del territorio español, y el Trasvase Tajo-Segura, para resolver los problemas de riego y abastecimiento en general de un Levante estructuralmente bajo en recursos hidráulicos.

Los *Planes de Obras, Colonización, Industrialización y Electrificación* de las provincias de Badajoz (1951) y Jaén (1952) tenían el mismo "decidido propósito de aminorar e incluso llegar a la anulación de los problemas sociales del paro que algunas provincias españolas tienen planteados" expuesto en las correspondiente Ordenes de la Presidencia del Gobierno que los pusieron en práctica.

En el caso del Plan Jaén se planteaban una serie de obras hidráulicas, con un conjunto de seis embalses a construir en los afluentes de la derecha del Guadalquivir, Jádula, Rumblar, Guarrizas, Guadalen, Guadalmena y Guadalimar, completados por el del Tranco de Beas, en la cabecera del río principal, que actuaría como el gran moderador de su cuenca.

Estas obras darían lugar a 30.000 Has. de nuevos regadíos y a la mejora de otras 38.500 ya existentes y punto de partida de 23 poblados emplazados en sus correspondientes vegas. Todo ello serviría de base a numerosas industrias agroalimentarias, aparte otras a instalar en Linares, de construcción de vehículos, y en Jaén, de cementos. Asimismo, se llevarían a cabo actuaciones para la conservación de 20.000 Has. de suelos agrícolas y la repoblación forestal de otras 133.000 Has. El Plan Badajoz tenía semejantes caracteres centrados en el curso medio del Guadiana (L. García de Oteiza, 1958 y Chico de Guzmán, 1978) (Fig. 8).

A su lado, resaltan obras de irrigación hasta cierto punto menores –un caso especial son las hidroeléctricas, que no consideramos- desarrolladas de manera general en todas las cuencas hidrográficas hispanas. Unas obras, en general, no tan ambiciosas territorialmente pero de una gran significación e importancia comarcal.

Actualmente, Andalucía, en esencia la cuenca del Guadalquivir, con algunos de los más antiguos regadíos hispanos, de raíz romana al menos, como las Vegas de Granada, Sevilla y Málaga, se ha reconvertido en la primera región agraria de España – ya lo fue durante la Hispania romana - y en una de las pioneras, en muchos sentidos, de la agricultura de la Unión Europea (J. Bosque Maurel, 2007). Con un total de 894.044 Has, el 24.2 por 100 del total nacional, los últimos planes de irrigación del Guadalquivir han aportado 262.800 nuevas Has., lo que supone un incremento del 68 por 100 y han convertido al antiguo Al-Andalus en la región con más tierras irrigadas de la Península.

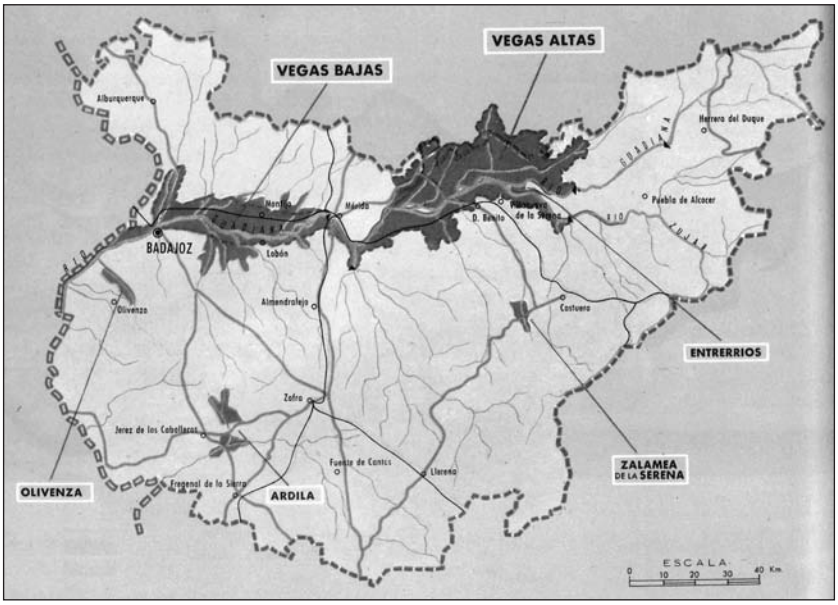


Figura 8. El conjunto de embalses del Plan Badajoz en el tramo medio del Guadiana (Fuente.- El Plan de Badajoz, 1958).

Tabla IV. Superficie regional del regadío (2008)

Comunidades	Hectáreas	% regional	%gravedad	% aspersión	% otras
Andalucía	892.044	18.04	43.3	21.1	36.6
Aragón	443.592	17.81	80.5	17.4	2.2
Asturias	3.747	1.13	48.7	51.3	-
Baleares	20.788	10.75	25.2	57.5	18.3
Canarias	23.667	31.51	15.7	19.1	65.3
Cantabria	1.346	0.79	11.0	89.0	-
Castilla / L.	562.189	10.52	61.2	38.7	-
Castilla / M.	470.882	9.94	32.0	55.3	12.7
Cataluña	269.285	22.72	68.8	12.2	19.0
C. Valenciana	365.307	42.84	80.2	0.9	18.9
Extremadura	212.198	9.45	69.0	26.2	4.9
Galicia	58.102	6.91	64.4	35.6	-
Madrid	32.274	8.75	86.1	13.9	0.7
Murcia	190.689	30.63	60.3	3.0	36.8
Navarra	87.243	14.16	89.2	9.8	1.1
País Vasco	10.906	4.47	10.1	89.6	0.3
Rioja (La)	44.280	16.31	66.0	28.8	5.2
España	3.688.587	14.45	59.2	23.9	6.8

Fuente.- MAPA. Plan Nacional de Regadío. Horizonte 2008.

En segundo lugar, la cuenca del Ebro, compartida por Navarra, Rioja, Aragón y Cataluña, suma 804.548 Has., el 21.8 por 100. Aragón, con 443.592 Has., a pesar de unos Riegos del Alto Aragón iniciados en los años veinte del pasado siglo pero todavía inconclusos. Cataluña, favorecida por los riegos del Segre y Cinca y un complejo Parque Natural en el Delta del Ebro, se sitúa a continuación (269.285 Has.) El incremento obtenido ha sido apenas de 90.000 Has., nada más un 30 por 100.

La Meseta, recorrida por tres de los más caudalosos ríos peninsulares, finalizados en Portugal, ha llegado recientemente a 1.245.269 Has.(33.7%), con un incremento reciente de 473.500 Has.(38%). Una suma, de la que 562.189 Has. pertenecen a la Cuenca del Duero y a la Comunidad de Castilla y León, mientras que la Meseta Sur goza de la presencia del Tajo y del Guadiana, con una irrigación importante, sobre todo en Castilla-La Mancha, de origen subterráneo en buena parte, y en Extremadura, que el Plan Badajoz ha favorecido mucho. Tanto en el Duero medio (Esla y Arribes) como en el Tajo medio la hidroelectricidad tiene un gran peso.

Las cuencas mediterráneas levantinas, con las valencianas del Turia y el Jucar, y murciana, del Segura, de muy rancio abolengo de uso del riego, alcanzan hasta un total de 555.995 Has. de regadío, el 15 por 100 nacional, y una participación regional muy alta, el 42,84 por 100 de la Comunidad valenciana y el 30,63 de la murciana, lo que puede explicar su relativamente bajo incremento último, apenas un veinte por ciento. Una masa irrigada de extraordinaria calidad por sus condiciones climáticas, su situación geográfica y su calidad productiva que las convierten en las mayores áreas exportadoras de frutas y verduras de España y, quizás, de Europa. Una producción y unas exportaciones muy beneficiadas por el trasvase Tajo-Segura, aunque no dejan de padecer graves problemas de escasez y pérdidas de agua por la limitada caudalosidad de sus ríos y su fuerte estiaje, origen de una máxima evaporación.

El gran progreso de la irrigación implica asimismo una cierta modernización que ha sido acompañada por la introducción y el incremento constante de unos nuevos usos del agua de riego. Modernización que, sin embargo, no tiene la misma presencia en todos los regadíos regionales. Así, las innovaciones en el riego – en concreto, la aspersión – alcanza sus cimas en las regiones de máxima expansión reciente de la irrigación: Castilla-La Mancha, 260.397 Has. de regadío por aspersión (55.3 %), Castilla y León, 217.567 Has. (38.7 %), y Andalucía, 188.221

(21.1). En cambio, las Huertas levantinas, las de máximo desarrollo tradicionall y más significado internacional hoy, solo han creado, en conjunto, 9.373 Has. de riego por aspersión, apenas el 2 por 100 de su regadío total, manteniendo añejos métodos, el riego por gravedad, presente en más del 80 por 100 de sus tierras irrigadas.

La innovación en los planteamientos empresariales está mucho más generalizados, dentro de importantes diferencias regionales. Sobre todo, tiene gran importancia, con un viejo origen, en las Huertas de Valencia y Murcia, así como en los invernaderos almerienses y granadinos, mucho más modernos. No obstante, la formación de cooperativas de producción y, en especial, de manipulación y marketing, está muy extendida, lo mismo que la industria agroalimentaria, que ha alcanzado un nivel muy alto tanto en la producción como en su mercantilización interna y, más aún, externa. En cierto modo, una nueva situación que tiene mucho que ver con la ordenación agraria impuesta por la Unión Europa.

La puesta en regadío de toda esa masa total de casi cuatro millones de Has. ha exigido la construcción de una colosal infraestructura que tiene su mejor expresión en los más de 300 embalses -un centenar son esencialmente de producción hidroeléctrica- existentes en las diez cuencas hidrográficas que se reparten el territorio nacional y que tienen una capacidad de 48.678 Hm^3., la mayor de Europa y con algunas de las obras hidráulicas más destacadas por su tamaño y, sobre todo, por su avanzada tecnología. Por ejemplo, los nueve embalses con una capacidad superior al millar de Hm^3.: dos (Almendra, 2.649 Hm^3., y Ricobayo, 1.184) en la cuenca del Duero, tres en el Tajo (Alcántara, 3.162 Hm^3., Buendía, 1.639, y Valdecañas, 1.418), y sólo uno en las siguientes cuencas, La Serena (3.219 Hm.) en el Guadiana, Alarcón (1.112), en el Júcar, y Mequinenza (1534) en el Ebro (Anuario El País, 1991).

A partir de los años setenta del Novecientos, el ritmo de la puesta en regadío se ha amortiguado, sobre todo por parte del Ministerio de Obras Públicas / Fomento. En cierta medida, por razones presupuestarias, pero también por haberse alcanzado un techo muy elevado en los costes y en las mismas posibilidades del medio físico y de las técnicas de creación de nuevos regadíos, y, no menos, por la intensidad alcanzada por los movimientos ecologistas, que cada vez más critican y se oponen, por razones de defensa del medio, a unas obras que, a menudo, provocan no sólo la transformación del paisaje sino también su destrucción. Recuérdese la respuesta, a veces violenta, que, en los años ochenta, provocó la construcción de una de las últimas grandes obras

públicas realizadas, el embalse de Riaño, en la cuenca del río Porma, al norte de León y cerca del límite con Asturias.

Desde entonces la iniciativa privada ha ido acrecentando su peso. A partir de 1975, entre el 50 y el 60 por 100 de la superficie transformada ha estado en cierta medida al margen de la promoción pública y ha respondido a muy concretos intereses privados con todos los riesgos y ventajas que pueden derivarse de ello. Sin embargo, en muchos de estos casos, no ha faltado el apoyo oficial a través de ayudas de muy diferente cariz y subvenciones públicas a fondo perdido y, más aún, a bajo interés.

Así, el campo de la actuación privada se ha alejado especialmente de los grandes empeños que siguen proyectándose y realizándose por el Gobierno central aunque siempre en relación con las Comunidades Autónomas. Y en todos los casos conforme a las directrices, muy rígidas y severas, de la Unión Europea. Existe una excepción significativa: las obras hidráulicas con estricta finalidad hidroeléctrica siempre desarrolladas por las principales empresas privadas, aparte alguna pública en trance de privatización, que controlan la producción y el consumo de electricidad nacional. Sucede –y ha sucedido– con algunas de las grandes centrales de los Arribes del Duero (Iberdrola), en conexión con Portugal, del Miño-Sil (Fenosa), de los afluentes pirenaicos del Ebro (Endesa) o del Júcar (Iberdrola).

En definitiva, hoy, la acción privada en el ámbito del regadío se limita a transformaciones de menor entidad y coste como la mejora de las redes de canales y acequias y la racionalización del uso del agua. Uno de sus objetivos casi exclusivo es el aprovechamiento de los acuíferos subterráneos, que, hasta 1995, había activado más de 655.000 Has.,una parte importante en La Mancha, y responsable, parcialmente, de los problemas de subsistencia de los humedales de la región y, en concreto, de las Tablas de Daimiel y, en menor medida, de las Lagunas de Ruidera (C. Ferreras, 1996).

Esta tendencia liberalizadora y privatizadora, muy relacionada con el acelerado consumo derivado de los usos domésticos y turísticos fue apoyada y confirmada por el Libro Blanco del Agua avanzado a la opinión pública en 1999. Y que fue el punto de partida de los sucesivos Planes Hidrológicos Nacionales del paso al siglo XXI, en parte contrapuestos, aprobados sucesivamente por las Cortes en 2000 y 2004 y parcialmente derogado el primero con la puesta en acción del segundo.

La riqueza derivada del agua embalsada es evidente, aunque existen también ciertos hechos de orden físico dignos de consideración y,

hasta cierto punto, contrapuestos a la buena marcha de la irrigación. Si las "avenidas" catastróficas del conjunto de los ríos españoles, especialmente los mediterráneos, han sido un hecho casi normal en la historia española, manteniendo aún cierta frecuencia, la construcción de los embalses de cabecera e, incluso, los de curso medio, ha facilitado la regulación del ritmo anual de los caudales fluviales y reducido notoriamente sus "crecidas" a menudo tan peligrosas.

Por ejemplo, la que en 1982 destruyó la presa de Tous en el río Júcar y causó cuantiosos daños materiales en la villa de Alcira y en la misma ciudad de Valencia y las que, en las primaveras de 2007 y 2008, anegó las márgenes del Ebro medio destruyendo sus cosechas e, incluso, pusieron en peligro las obras en su realización final de la *Exposición Internacional* dedicada al Agua a celebrar durante el verano del 2008 en la capital aragonesa (AA. VV., 2006 y Diario El País, 2007).

La regulación fluvial tiene como primera consecuencia la acumulación paulatina en dichos vasos de los derrubios arrastrados por la erosión de las aguas de escorrentía y de las mismas corrientes fluviales, sedimentación que con el tiempo puede llegar a colmatar los embalses y hacerlos inútiles. Así sucedió, primero, con los pantanos de Puentes y Valdeinfierno, construidos en el siglo XVIII en la cuenca del Guadalentín, y ha seguido ocurriendo posteriormente en algunos de los embalses más tempranos realizados en los afluentes pirenaicos del Ebro, por ejemplo, Lanuza y La Peña en el río Gállego. Un hecho que sólo puede contener y limitar, aunque sea parcialmente, una política de reforestación general y, más en concreto, de las mismas cuencas afectadas y una adecuación de las presas y los embalses al aterramiento que facilite la evacuación de los sedimentos.

Esta acumulación de una parte sustancial de los derrubios aguas arriba, ha favorecido el incremento de la erosión fluvial en los cursos medios e inferiores y provocado la disminución de los aportes sedimentarios en la desembocadura. Un hecho que afecta especialmente a los deltas mediterráneos y provoca, incluso, el retroceso de la misma línea de costa, ya muy azotada por el oleaje y las mareas. Los deltas del Llobregat y del Ebro que avanzaban a razón de uno y diez metros respectivamente en los años cuarenta y cincuenta, ahora retroceden notoriamente tras la inauguración de los varios embalses del Ebro y sus afluentes – Reinosa, Yesa, Mediano, Canelles, Mequinenza -, a un ritmo bastante acentuado y con peligro de pérdida de sus valores ambientales más significativos (A. López Gómez, 1983 y A. Espanya Forcadell. 1996).

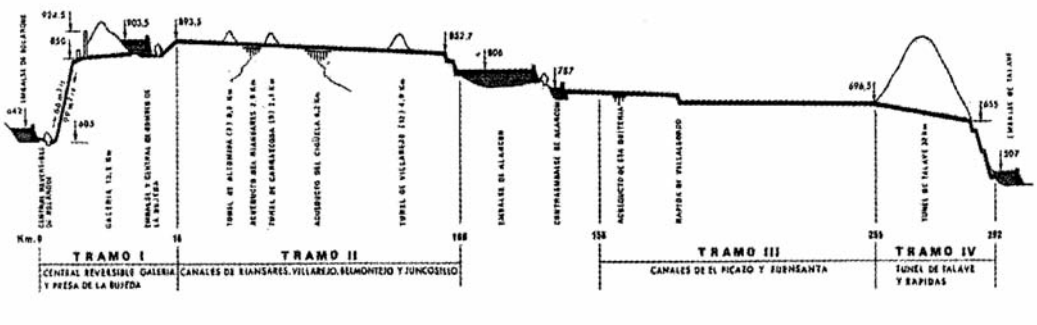


Figura 9. Corte longitudinal del Trasvase Tajo-Segura
(Fuente.- A. Morales Gil y otros,2005).

Las grandes obras hidráulicas de trasvase entre cuencas y sus problemas

En el conjunto del nuevo regadío español, quizás sea el Trasvase Tajo-Segura (1969-1979) la obra no sólo más ambiciosa política y tecnológicamente, y por ello, quizás, la mas debatida, sino también la que más ha modificado el territorio y, por tanto, el medio ambiente en el conjunto del territorio español. Un proyecto que tuvo precedentes varios a finales de la Edad Media y a lo largo de la Moderna, aunque limitados al intercambio de las aguas entre los mismos ríos regionales siempre acuciados por la escasez de agua del conjunto del Sudeste español (Alicante, Murcia y Almería), cuyas ventajas agrarias se habían reconocido siempre.

Un antecedente más ambicioso, no realizado, que planteaba conducir caudales entre dos cuencas distintas, fue el trasvase de los ríos Castril y Guardal, dos afluentes del Genil y el Guadalquivir, a los campos murcianos del Segura durante el reinado de Carlos III y que pretendía construir un canal que condujese también las grandes maderadas desde los pinares del complejo Segura-Cazorla-La Sagra hasta el arsenal de Cartagena para convertirlas en los palos maestros de los navíos de la marina española (A. Morales y otros, 2005 y J. Mor de Fuentes y M. Alvar, 1952).

El actual trasvase se proyectó, como parte esencial de la política hidráulica del Franquismo, a partir de los principios teóricos del Plan Nacional de Obras Hidráulicas de Manuel Lorenzo Pardo de 1933, tendente a resolver el "desequilibrio hidráulico nacional" entre el Mediterráneo, la parte española más árida pero con más posibilidades

agrícolas respecto a los mercados mundiales, y el Atlántico, con menos problemas de agua y más próximo agrícolamente al resto de Europa (F. López Bermúdez, 1969 y A. Morales Gil y otros, 2005) (Fig. 9).

Básicamente el trasvase consiste en sangrar el río Tajo en el embalse de Bolarque (35 hm^3) (Guadalajara), aguas debajo de los hiper-pantanos de Entrepeñas (804 hm^3) y Buendía (1.638 hm^3) a fin de conducir sus caudales mediante un túnel de unos 75 kilómetros de longitud hasta el pantano de Alarcón (1.111 hm^3) (Cuenca), en el río Júcar. Desde allí, por el canal del Talave, de 60 kilómetros, el agua llega, a través de la provincia de Albacete, a la cuenca del Segura (Fig.8).

Una conducción de 286 kilómetros de longitud y 33 m^3/s, que ha asegurado el riego tradicional de 46.816 Has. deficitarias de sus Huertas y conseguido la transformación en regadío de otras 90.000, es decir, un total de 136.816 Has. de las provincias de Murcia, Alicante y Almería, casi la totalidad de la superficie prevista, hoy el espacio irrigado "de mayor rendimiento económico y social de España" (A. Morales y otros, 2005, 106). A su paso por la Mancha, la existencia del trasvase ha favorecido un regadío complementario, hasta cierto punto no formalizado y, en parte, sostenido por la utilización, más o menos regular, de las aguas subálveas, que se estima en unas 30.000 Has. (A. Pillet, 2001).

Además, el trasvase abastece a la industria, al turismo y facilita el consumo de agua potable de las principales ciudades alicantinas y murcianas: aproximadamente, una población de 2.5 millones de habitantes. Un hecho este que no aparecía en los primitivos planes de los años treinta, que se introdujo en el proyecto de los sesenta y que, por el desarrollo, sobre todo turístico, de la costa alicantino-murciana, ha provocado en muchos momentos que se haya rebasado el volumen del caudal inicial previsto convirtiéndose en uno de los objetivos básicos de las posibles mejoras del trasvase.

Incluso, se está utilizando como justificación en los recientes proyectos de trasvase de nuevos caudales procedentes del río Ebro. No menos contradictorio ha sido el frecuente incumplimiento del volumen previsto de agua trasvasada, como resultado de las alternativas anuales y estacionales de los caudales del Tajo y que han provocado que los mil hectómetros ofertados se hayan reducido a la mitad y, en los años secos, tan abundantes en el Sueste, a la tercera parte o menos. Un incumplimiento convertido en una servidumbre a considerar en todo trasvase planteado en el ámbito mediterráneo.

Por su parte, los usuarios del trasvase satisfacen a las regiones cedentes un canon de compensación territorial recogido en el concepto "a" del precio del agua recibida. La Ley de 1971 incluía en la tarifa el coste de las obras, los gastos fijos de mantenimiento y los costos variables del funcionamiento. La recaudación obtenida por el coste de las obras se destinaría preferentemente a la realización de determinadas obras hidráulicas en la cuenca del Tajo con independencia de los créditos consignados en los Presupuestos Generales del Estado.

Por ejemplo, durante el año hidrológico 1995-1996, por una transferencia efectiva de 312 hm3, los usuarios del trasvase pagaron 1.972 millones de pesetas, a distribuir para esas obras entre Castilla-La Mancha (4/9), Madrid (3/9) y Extremadura (2/9). Igualmente, la Comunidad castellano-manchega ha visto aumentadas sus áreas de uso con demandas ambientales (Tablas de Daimiel) y urbanas, a unos cincuenta municipios, sobre todo de la provincia de Albacete y provocado una serie de obras de actual realización aunque a largo término (A. Morales y otros, 2005, 95 y C. Ferreras Chasco, 1996). Todo ello no ha impedido sino todo lo contrario, un constante y siempre molesto y, a veces, agrio debate entre la región cedente y las receptoras.

Con posterioridad, pese a las limitaciones legales existentes, en las últimas décadas del Novecientos y primeros años del Tercer Milenio, se han producido algunos trasvases entre cuencas muy próximas y muy limitado volumen de agua transferida. En 1982, entre la cabecera del Ebro y el Besaya (Cantabria) y el Ebro medio y Bilbao; en 1989, entre el Ebro y Tarragona; en 2002, entre el Negratín, afluente del Guadalquivir, y el Almanzora, río perteneciente a la vertiente sur mediterránea; en 2004, del Tajo al Guadiana, en 2007, del Júcar al Vinalopó, previsto en el Plan Hidrológico del 2004, y, en 2008, del Guadiana al Guadalquivir, todavía sin haberse iniciado.

Y, en principio, con pagos importantes de la región beneficiada a los regantes propietarios del agua que, en definitiva, han vendido su agua, y permitido el trasvase. En el caso del Consorcio de Aguas de Tarragona, los pagos a los agricultores del Ebro han ascendido a un total de más de 43 millones de euros entre 1989 y 2008.

Los trasvases, con todas sus ventajas e inconvenientes, siguen siendo una línea de apoyo y de desarrollo de la irrigación. Pero, también, se han convertido en un elemento significativo del enfrentamiento político no sólo partidista sino también entre las distintas regiones que, por una parte, deben ceder una parte de sus aguas territoriales y, por otra,

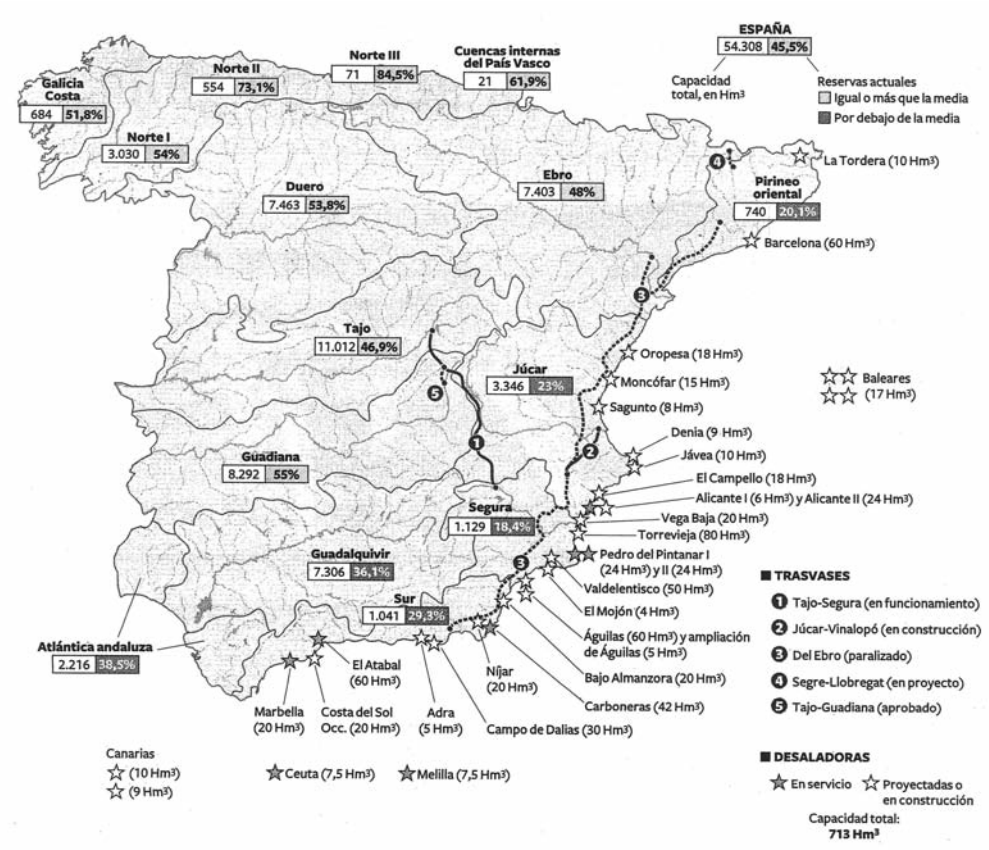


Figura 10. La actual situación hídrica en España (Ministerio del Medio Ambiente y elaboración propia).

necesitan caudales considerables tanto para el uso agrícola como para el creciente abastecimiento urbano exigido, sobre todo, por una agresiva urbanización derivada, en buena parte, de un turismo dominante.

Este es el caso del largo y complejo debate político y social habido entre 1990 y 2008 que ha enfrentado a Aragón y Cataluña con las comunidades valenciana y murciana. Los dos sucesivos *Planes Hidrológicos* aprobados, uno, en 2000, que se fundamentó en el trasvase desde el Ebro al Segura, y, otro, en 2004 que lo derogó, tuvieron ese alcance. Como contrapartida, se impuso una solución alternativa, la desalación de las aguas marítimas, y que, como los trasvases, es, sin duda, discutible y, sobre todo, origen de controvertidos debates (Fig.10).

El trasvase del Ebro de 2000 se resumía en la construcción de un canal de 912 kilómetros para conducir 1.050 Hm3. desde el delta del Ebro hasta enlazar con el Tajo/Segura y ser utilizados en mejorar el regadío y el abastecimiento general de las Comunidades valenciana y murciana y atender ciertas necesidades de la andaluza Almería. Se completaba con 112 nuevos embalses, 36 desaladoras y 242.792 de nuevos espacios irrigados no sólo en las anteriores regiones sino en otras partes del territorio hispano, por ejemplo, en el valle del Ebro.

El Plan Hidrológico de 2004, que modificaba la Ley 10/2001 de julio derogó el trasvase del Ebro, la mayor y más debatida obra del Plan de 2000, aunque mantuvo el máximo de las restantes actividades previstas de mejora y ampliación del regadío hasta solo 130.000 Has. y del abastecimiento urbano. Como alternativa al trasvase, el nuevo Plan incluía un sistema de estaciones desaladoras a construir o ampliar hasta un total en numero de unas treinta distribuidas a lo largo el litoral mediterráneo desde Gerona hasta Málaga, así como en Baleares y Canarias. Terminadas, proporcionarán un total de 1.058 Hm3 de agua, una cifra prácticamente similar a los 1.050 Hm3 del derogado trasvase del Ebro (J. Bosque Maurel, 2008).

En todo caso, el debate subsiste en lo referente al problema del desequilibrio existente entre las cuencas hidrográficas septentrionales y meridionales de la España seca y está esperando un tratamiento que pueda satisfacer a todas las Comunidades afectadas.

¿Hacia una "Nueva Cultura del Agua?"

En último término, el nuevo *Plan Hidrológico Nacional* aprobado en el año 2004 parecía inaugurar una nueva visión y un nuevo planteamiento de las políticas sobre el agua. Unos cambios, en principio imprescindibles, por la aparición de los problemas derivados del hecho, reconocido oficialmente, de ser "el agua un bien escaso", pero cada vez más necesario y consumido y con limitaciones crecientes por ser un "recurso finito" exigido por una población en crecimiento en cifras absolutas y, más aún, en la homogeneización de sus exigencias y, a la vez, en su diversidad cultural.

Tradicionalmente, el uso del agua, como el de todos los recursos naturales precisos para el sostenimiento de la Humanidad, partía de un principio recogido por el Génesis (1.28) al afirmar, "... y los bendijo Dios, diciéndoles: Creced y multiplicaos, y henchid la tierra; someted-

la y dominad sobre los peces del mar, sobre las aves del cielo, y sobre todo cuanto vive y se mueve sobre la tierra". Un uso y abuso iniciados con el Hombre pero cuya incidencia en el medio ambiente terrestre fue importante pero mínimo en función de los límites de unas tecnologías basadas en la utilización directa de ciertos recursos naturales, el fuego, el agua y el viento y, sobre todo, la fuerza animal, en gran medida humana (S. Lilley, 1965).

Unos usos que comenzaron, convirtiéndose en abusos, a hacerse, a veces, peligrosos para la subsistencia de la población terrestre, desde que la Revolución Socioeconómica iniciada en los siglos XVI y XVII, y, en especial, la Industrial del XVIII, desencadenó un crecimiento exponencial tanto del uso de los recursos naturales como de sus mismos usuarios. La incidencia resultante en la Naturaleza dejó de ser meramente coyuntural y local/regional para convertirse, en muchos casos, en terrestre y universal con posibles amenazas a la misma realidad de la Tierra como un "hecho único" e "irrepetible" (L. Urteaga, 1987 y J. Bosque Maurel, 1995).

Sólo muy recientemente, en los últimos doscientos años, como ha señalado Velarde Fuertes (2007), se han ido denunciando una serie de "profecías" desencadenadas por el desarrollo tecnológico de la Humanidad: Malthus y su temor al crecimiento desmesurado de la población, en el siglo XVIII; el final de las materias primas, en los años setenta del siglo XX, y el muy actual y controvertido cambio climático. Riesgos superados en principio aunque nunca se pueden negar plenamente algunas consecuencias muy negativas derivadas de ese desarrollo socioeconómico, como el desequilibrio social y político entre unas partes y otras de la Tierra, la contaminación atmosférica creciente y la destrucción puntual y/o comarcal de la Naturaleza, ni la seguridad absoluta de su contención.

De aquí que, en los últimos treinta años, se hayan producido a nivel mundial, y con el apoyo y, a veces, la misma intervención directa de las Naciones Unidas, campañas de concienciación de defensa del medio ambiente y, en especial, de limitación de ciertos usos y/o abusos contrarios a la sustentabilidad futura del desarrollo tanto de la Naturaleza como de la Humanidad en su devenir a nivel terrestre y necesitada de alcanzar similares posibilidades para toda la Tierra. Por ejemplo, la *Cumbre de la Tierra* de 1992 en Río de Janeiro y sus epílogos subsiguientes hasta el *Protocolo de Kyoto* de 1997 y, especialmente, el Informe *Nuestro futuro común* de la Comisión Mundial del

Medio Ambiente y del Desarrollo presidida por la política noruega Gro Harlem Bruntland y patrocinada por las Naciones Unidas en 1988. Entonces, se planteó "un programa global para el cambio" que defendiera y generalizara unos principios de progreso "sustentable" y difundiera unas medidas y unas normas que justificasen determinadas actuaciones a favor de la "sustentabilidad" futura de la Humanidad.

Planteamientos universales que han conducido a consideraciones más concretas y monográficas. En esa línea se mueve la *Fundación para una Nueva Cultura del Agua*, nacida en 1998 en Zaragoza, extendida enseguida a Lisboa y cuyos principios básicos han sido el resultado de seis Congresos Internacionales con inicio en 1998 y un sexto convocado y realizado en 2008. La *Fundación* cuenta actualmente con el apoyo de setenta universidades españolas, europeas y americanas y está sostenida por un centenar de socios fundadores pertenecientes a veinte naciones europeas. Casi un centenar de publicaciones de carácter general e informes técnicos de carácter monográfico avalan su profunda preocupación conceptual y su incansable actividad investigadora, empírica y tecnológica. Todo ello ha culminado en una *Declaración del Agua* apoyada por más de un centenar de expertos pertenecientes a muy diferentes culturas.

El punto de partida de esta *Nueva Cultura del Agua* es una afirmación de las Naciones Unidas: "Por debajo de 1.700 m^3 de agua por individuo al año, la población está en una situación de estrés hídrico". Y, continúa, "más de la mitad de la Humanidad no llega a la posibilidad de contar ni siquiera con una cuarta parte de las cifras de ese "estrés hídrico".

En la Presentación en Internet de la Fundación se escribe: "Quizás las privilegiadas sociedades occidentales de hoy puedan permitirse la opción de la huida hacia delante, realimentando espirales de insostentibiliad. Pero esto sólo es posible desde la inmoralidad de sacrificar los derechos de las generaciones futuras y acrecentar las injusticias planetarias presentes. La lucha contra la pobreza, la ecoeficiencia y la conservación de nuestros patrimonios de la Naturaleza son claves de un reto de responsabilidad ética que hoy debemos asumir".

A partir de aquí, la preocupación por llegar a una nueva visión de las políticas y los problemas del agua conduce a la Fundación a sostener: "Sin duda la tradicional política hidráulica se queda hoy corta para recoger las necesidades e inquietudes de nuestra sociedad

y dar respuestas adecuadas a los retos que se derivan del nuevo paradigma de la sostentibilidad. Conciliar la aspiración a mejorar el bienestar de todos con el reconocimiento y respeto a los límites del entorno natural de manera que se garantice su conservación, exige no sólo un giro en los objetivos de esta política, sino también un cambio en las escalas de valor y en la cultura que impregna nuestra sociedad".

De manera más concreta y específica, el Profesor Dr. Pedro Arrojo Agudo uno de los abanderados de la nueva cultura del agua y un crítico del *Plan Hidrológico Nacional* por razones no sólo ambientales sino también económicas, define y explica con un sencillo ejemplo sus fundamentos ideológicos: "La nueva cultura del agua invita a mirar los ríos y a entender que son mucho más que canales de H2O. Es entender que un ecosistema, además del agua que puede usarse para producir, es paisaje, identidad territorial, identidad de los colectivos y comunidades sociales, valores lúdicos y culturales, valores de vida...Y que a través de esos ríos se articula la vida en el continente y en los mares. Los ríos no se pierden en el mar, fertilizan las plataformas litorales y muchos peces del mar dependen de los ríos. Y si hay playas es por la erosión, así que las industrias turísticas dependen también de los ríos. La cultura del agua es entender esta complejidad de los ecosistemas" (Pedro Arrojo Agudo, cit. Por A. Calvo Roy, Diario El País, 2004).

La *Exposición Internacional 2008* de Zaragoza con su lema "Agua y desarrollo sostenible" se encuentra en la misma línea de la *Nueva Cultura del Agua*. En una Tierra en el que sólo el 1 por 100 del agua es potable y no puede abastecer a una demanda que se ha duplicado en dos décadas, con millones de personas que carecen de acceso a su uso, el derecho al agua, la exigencia de una nueva forma de entender y gestionar el agua escasa, se ha convertido en el gran debate, imprescindible y urgente, del siglo XXI.

BIBLIOGRAFÍA

AA. VV. (1989).- *Los paisajes del agua*. Libro Jubilar dedicado al Profesor Antonio López Gómez. Valencia, Universitat de Valencia y Universidad de Alicante, 394 Págs.

AA. VV. (1994).- "Demandas y usos del agua en España". Nº monográfico del *Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles*, 18, 133 Págs.

AL-MUDAYNA (1991).- *Historia de los regadíos en España (...a.C. – 1931)*. Madrid, Ministerio de Agricultura, Pesca y alimentación, 743 Págs.

ARROJO AGUADO, P. (1998).- *El agua a debate desde la Universidad: hacia una nueva cultura del agua*. Congreso Ibérico sobre Gestión y Planificación del Agua. Zaragoza.

ARROJO AGUDO, P. (2001).- *El Plan Hidrológico Nacional a debate*. Bilbao, Nueva Cultura del Agua-Baker, 487 Págs.
ARROJO AGUDO, P. (2003).- *El Plan Hidrológico Nacional, una cita frustrada con la Historia*. Barcelona, RBA, 207 Págs.

BARBERÍA, J. L. (2005).- "El fin del modelo de presa y trasvase". *Diario El País*, 30 junio 2005, 17 y 18.

BARRENECHEA, E. (1974).- "La batalla por el Ebro desde el frente catalán. Cataluña, estupefacta", *Diario Informaciones*, 3, 4, 5 y 6 diciembre 1974, y "La batalla del Ebro desde el frente aragonés. No defendemos Aragón sino a la España pobre". *Diario Informaciones*, 10, 11 y 12 diciembre 1974.

BENITO ARRANZ, J. (1957).- *El Canal de Castilla: memoria explicativa*. S.L., Departamento Provincial de Seminarios de FET de las JONS, 91 Págs.

BOLEA FORADADA, J. A. (1978).- *Los riegos de Aragón*. Huesca.

BOSQUE MUREL, J. (1960).- *Geografía económica de España*. Serie Durán y Bas, V. Barcelona, Editorial Teide, 455 Págs.

BOSQUE MAUREL J. (1984).- "Del INC al IRYDA: Análisis de los resultados obtenidos por la política de colonización posterior a la guerra civil". *Agricultura y Sociedad*, 32, pp. 153-191.

BOSQUE MAUREL, J. (1995).- «Algunas reflexiones sobre los espacios naturales protegidos ». *Jornadas sobre Desarrollo Rural en la Sierra de Segura* (octubre de 1994). Jaén, UNAM, pp. 183-197.

BOSQUE MAUREL, J. (2007).- "Andalucía, ayer y hoy". *VIII Congreso de la Asociación Andaluza de Ciencia regional* (AACR). Granada, Instituto de Desarrollo Regional, pp. 31-44.

BOSQUE MAUREL, J. (2008).- "El agua como recurso escaso y sus problemas en la España actual". *Estudios Geográficos*, LXIX, 265, pp. Pp. 453-493.

BRUNHES, J. (1904).- *L'irrigation, ses conditions, ses modes et son organisation dans la Péninsule Ibérique et dans l'Afrique du Nord*. Paris, Masson, XVI + 547 Págs.

CARO BAROJA, J.(1988).- *Tecnología popular española*. Madrid.

CARRIÓN, P. (1973).- *La reforma agraria de la Segunda República y la situación actual de la agricultura en España*. Prólogo de J. Velarde Fuertes. Barcelona, Ediciones Ariel.

CASAS TORRES, J. Ml., LACARRA, J. Mª y ESTAPÉ RODRÍGUEZ, F(1960).- *Aragón. I. La Naturaleza. II. Aragón en el pasado. III. Los hombres y su trabajo, y IV. La economía*. 2 vols. Zaragoza, Banco de Aragón, 345 y 366 Págs.

COMISIÓN MUNDIAL DEL MEDIO AMBIENTE Y DEL DESARROLLO (1988).- *Nuestro Futuro Común*. Madrid, Alianza Editorial, 460 Págs.

COSTA MARTÍNEZ, J. (1880-1892).- *Política hidráulica (Misión social de los riegos en España)*. Nueva edición (1975) con Apéndice y notas de F. Sáez Ridruejo. Madrid, Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos.

CROCE, D. y ZULIANI, S. (1991).- "Arcaísmo e Modernità. Dell' Agricoltura spagnola. Aragón-Monegros". *Cuaderni del Dipartmento di Geografia* (Padova), 14, 87 Pags.

CHICO DE GUZMÁN Y GARCÍA-NAVA, J.Mª (1978).- *El Plan Jaén y las grandes zonas regables*. Jaén, Instituto de Estudios Jiennenses, 167 Págs.

EMBID IRUJO, A. (Drt.) (1993).- *El Plan Hidrológico Nacional*. Madrid, Civitas.

ESPANYA FORCADELL, A. (1996).- "El Parque Natural del Delta del Ebro: una importante zona húmeda de elevada humanización". *Boletín Real Sociedad Geográfica*, CXXXVII, Aportación al XXVIII Congreso Unión Geográfica Internacional (Los Espacios Naturales Protegidos en España), pp. 119-133.

FERNÁNDEZ MARCO, J. I. (1961).- *El Canal Imperial de Aragón. Estudio geográfico*. Zaragoza, Departamento de Geografía Aplicada, 179 Págs.

FERRERAS CHASCO, C. (1996).- "Las Tablas de Daimiel, ¿un Parque Nacional en peligro de extinción?". *Boletín Real Sociedad Geográfica*, CXXXII, Aportación al XXVIII Congreso de la Unión Geográfica Internacional (Los Espacios Naturales Protegidos en España), pp. 219-242.

GANIVET, A. y UNAMUNO, M. de (1998).- *El Porvenir de España*. Edición F. García Lara y Estudio preliminar y notas de P. Cerezo Galán. Obras completas Ángel Ganivet 1898-1998. Granada, Diputación Provincial y Fundación Caja de Granada, 193 Págs.

GARCÍA DE OTEIZA, L. (Direct.)(1958), *El Plan de Badajoz*. Madrid, Secretaría gestora del Plan de Badajoz, 213 Págs.

GIL OLCINA, A. (1972).- "Embalses españoles de los siglos XVIII y XIX para riego". *Estudios Geográficos*, XXXIII, 129, pp. 557-592.

GIL OLCINA, A. y MORALES GIL, A. (Edits.) (1995).- *Planificación Hidráulica en España*. Alicante, Fundación Caja del Mediterráneo.

GIL OLCINA, A. y MORALES GIL, A. (Edits.)(1999).- *Los usos del agua en España*. Alicante, Caja Ahorros Mediterráneo y Universidad de Alicante, 400 Págs.

GIMÉNEZ SOLER, A. y GÓMEZ AYAU, E. (1961).- *El Estado y las Grandes Zonas Regables*. Madrid, Instituto de Estudios Agro-Sociales.

IRANZO, E. Y SANZ DONAIRE, J. J. (Directs.)(2006).- *Mitos y realidades del Cambio Climático*. Estudio Introductorio de J. Velarde Fuertes. Madrid, Monográfico Revista Instituto Estudios Económicos, 3 y 4 2006. 407 Págs.

JOVELLANOS, G. M. de (1994).- *Informe de la Sociedad Económica del País de Madrid al Rey y Supremo Consejo de Castilla en el expediente de Ley Agraria*. Edición

facsímil de la nueva edición de 1820. Madrid, Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, 239 Págs.

LAÍN ENTRALGO, P. y SECO SERRANO, C. (Edits.) (1998).- *España en 1898. Las claves del desastre*. Barcelona, Círculo de Lectores, 337 Págs.

LÓPEZ BERMÚDEZ, F. (1969).- "El trasvase Tajo-Segura". *Estudios Geográficos*, XXXV, pp. 320-330.

LÓPEZ GÓMEZ. A. (1951).- "Riegos y cultivos en la Huerta de Alicante. Evolución y estado actual". *Estudios Geográficos*, 44, pp. 701-771 y VIII láminas.

LÓPEZ GÓMEZ, A. (1971).- "Embalses de los siglos XVI y XVII en Levante". *Estudios Geográficos*, XXXII, pp. 617-656.

LÓPEZ GÓMEZ, A. (1974).- "El origen de los riegos valencianos. I. Los canales romanos". *Cuadernos de Geografía*, 15, pp. 1-24 y IV láminas y 17. II. "La división del agua", pp. 1-38.

LÓPEZ LINAJE, J. (1981).- *El Canal de Castilla en el recuerdo de un sueño ilustrado*. Valladolid, Publicaciones de la Institución Tello Téllez de Meneses, Nº 52.

LORENZO PARDO, M. (1931).- *La Conquista del Ebro*. Zaragoza, Heraldo de Aragón.

LORENZO PARDO, M.(1933).- *Plan Nacional de Obras Hidráulicas*. Nueva edición comentada (1993). 2 vols. Madrid, MOPTMA.

LLAURADÓ, A. (1884).- *Tratado de aguas y riego. Hidrología agrícola española*. Madrid.

MACIAS PICABEA, R. (1899).- *El problema nacional: hechos, causas, remedios*. Publicada en 1991 en la Biblioteca Regeneracionista. Madrid, Fundación Banco Exterior, 260 Págs.

MALEFAKIS, E. (1971).- *Reforma agraria y revolución campesina en la España del siglo XX*. Trad. A. Bosch, A. Pastor y J. R. Capella. Barcelona, Ariel.

MALLADA, L. (1988-1989).- "Causas de la pobreza de nuestro suelo", Conferencia pronunciada el 7 de febrero de 1882. *Boletín Real Sociedad Geográfica*, CXXIV-CXXV, pp. 233-251.

MALLADA, L. (1890?).- *Los males de la patria*. Reedición parcial (1967). Madrid, Alianza Editorial, 233 Págs

MARSAL, J. 2001).- "El organismo internacional que protege los humedales rechaza el Plan Hidrológico". *Diario El País*, 7 septiembre 2001, 24.

MÉNDEZ, R. y MOLINERO, F. (Coords.) (1999).- *Geografía de España*. Ariel Geografía. Barcelona, Editorial Ariel S.A., 759 Págs.

MENÉNDEZ REXACH Y DÍAZ LEMA, J. M. (1986).- "La Ley de Aguas de agosto de 1986. Análisis Institucional", en A. Gallego Anabitarte y otros, *El Derecho de Aguas en España*. Vol. I, 3ª, Madrid, MOPU.

MOPT (1993).- *Plan Hidrológico Nacional*. Memoria y Anteproyecto de Ley. 2 vols. Madrid, Ministerio de Obras Públicas.

MOR DE FUENTES, J. (1952).- *Bosquejillo de la vida y escritos de D. José Mor de Fuentes delineado por el mismo*. Prólogo, edición y notas de Manuel Alvar. Universidad de Granada, 198 Págs.

MORALES GIL, A., RICO AMORÓS, A. M. y HERNÁNDEZ HERNÁNDEZ, Mª (2005).- "El trasvase Tajo-Segura". *Observatorio Medioambiental*, 8, pp. 73-110.

NADAL RAYNAT, E. (1981).- "El regadío durante la Restauración. La política hidráulica (1875-1902)". *Agricultura y Sociedad,* 19, pp. 129-161.

ONU 1977).- *Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Agua*. Mar del Plata (Argentina), Marzo 1977. Número monográfico de la *Revista de Obras Públicas*, 31144, abril 1977.

ORTEGA CANTERO, N. (1979).- *Política agraria y dominación del espacio. Orígenes, caracterización y resultados de la política de colonización planteada en la España posterior a la guerra civil*. Ciudad y sociedad, 5. Madrid, Editorial Ayuso, 258 Págs.

RICO AMORÓS, A. y otros (1998).- *Depuración, desalación y reutilización de aguas en España*. Barcelona, Oikos-Tau, 255 Págs.

ROMERO GONZÁLEZ, J. (1995).- "*El Plan Nacional de Obras Hidráulicas. Precedentes y Condicionantes*", en A. Gil Olcina y A. Morales Gil, Planificación Hidráulica en España.

ROP (1997).- "El Delta del Ebro". *Revista de Obras Públicas*, Nº monográfico, 3.368.

SANZ GARCÍA, J. Mª (1988).- *Los canales del Guadarrama y Manzanares de Juan II a Juan Carlos I pasando por Carlos III*. Ciclo de Conferencias: El Madrid de Carlos III, 11. Madrid, Instituto de Estudios Madrileños, 68 Págs. y 7 láminas.

TAMAMES, R. (1960).- *Estructura económica de España*. Madrid, Sociedad de Estudios y Publicaciones, 677 Págs.

URTEAGA, L. (1987).- *La tierra esquilmada*. Madrid, Serbal y CSIC, 221 Págs.

URTEAGA, L. (1988-1989).- "Lucas Mallada y la Comisión del Mapa Geológico". *Boletín Real Sociedad Geográfica*, CXXIV-CXXV, pp. 213-231.

VÁZQUEZ, Cr. (2003).- "La polémica del Plan Hidrológico. La promesa del agua". *Diario El País*, 19 marzo 2003, 28 y 29.

VELARDE FUERTES, J. (1968).- *Política económica de la Dictadura*. Biblioteca Universitaria de Economía, 1. Madrid, Guadiana de Publicaciones, 158 Págs.

VELARDE FUERTES, J. (1996).- *Hacia otra economía española*. Madrid, Espasa-Calpe,

LA INICIATIVA PRIVADA Y EL DESARROLLO DE LA INDUSTRIA HIDROELÉCTRICA EN ESPAÑA. LA OTRA CUESTIÓN NACIONAL

Por
Fernando Arroyo Ilera

En España, el agua ha sido mucho más que el líquido elemento. País mediterráneo de escasa e irregular pluviometría y accidentada orografía, la necesidad de controlar su uso y aprovechamiento ha sido una antigua preocupación, sobre todo a lo largo de los últimos siglos, hasta el punto de convertirse en una auténtica c*uestión nacional*, cuestión que se ha manifestado en diversos ámbito y con distintos puntos de vista.

Por un lado, tenemos la visión tradicional, que surge influida por el Regeneracionismo y pretende, bajo la dirección del Estado, extender el regadío, cumpliendo así muchas de las más conocidas desideratas de Costa. Esta perspectiva insiste sobre toda en las disposiciones legales para facilitar la puesta en riego de extensas superficies de secano, con leyes y planes que tenía ese objetivo como prioritario: *Plan Gasset* de1902 y sucesivas modificaciones del mismo (1909, 1911, 1916) [1], creación de las Confederaciones Hidrográficas por el conde de Guadalhorce durante la Dictadura y *Plan de Obras Hidráulicas* de 1933 con la República, gracias a la obra Lorenzo Pardo, en el *Instituto de Estudios Hidrográficos* (Ortega, 1992). Todo ello como antecedente de las actuaciones durante el Franquismo, como condición para la colonización agraria del Régimen, hasta llegar a convertirse en un símbolo propagandístico del mismo.

Esta forma de ver el proceso pone de manifiesto muy a las claras la autentica dimensión histórica de la cuestión, pues a lo largo del últi-

[1] *Ley de canales de riego y Pantanos*, es el nombre del primer plan Gasset, de 1902, de la misma forma que el de 1933 cifraba en el *Plan de ampliación y mejora de los riegos de Levante* su razón de ser.

mo siglo, el agua ha sido tal vez el único aspecto en el que han estado de acuerdo todos los españoles: desde los hombres de la Restauración hasta los de la Transición, pasando por los de la Dictadura, la República y el Franquismo.

Nada que objetar a este esquema como interpretación global del proceso, sobre todo en el momento presente, cuando muchos políticos, ciertos historiadores y determinados usuarios se han lanzado a una carrera de interpretaciones en defensa de sus propios intereses que está creando notable confusión. Pero desde un punto de vista científico, creemos que es preciso completar aquella visión, haciendo intervenir a otros agentes y protagonistas, pues la extensión del regadío no fue siempre la única causa de la regulación hídrica, ni siquiera la principal, ya que muchas veces quedó relegada a simple consecuencia subsidiaria de la misma. Así ocurrió en el Renacimiento y la Ilustración, cuando surge lo que podríamos llamar los precedentes de la política hidráulica en España, que ven en la navegación hídrica y en la regulación fluvial la posibilidad de mejora del transporte y las comunicaciones interiores antes que la extensión del regadío (Arroyo y Camarero, 2004; López Gómez, Arroyo y Camarero, 1998; López Gómez, 1998). Las grandes obras hidráulicas del siglo XVIII son canales de navegación (Castilla, Campos, Imperial, Guadarrama, Murcia, etc.), cuyo fracaso y su necesaria adaptación para riego no nos puede hacer olvidar su objetivo originario. Los planificadores y políticos de nuestro siglo XVIII fueron, a estos efectos, mucho más mercantilistas que fisiócratas por lo que vieron en el agua la posibilidad de comunicar y "desenclavar", como diría Labasse, las tierras españolas (especialmente la Corte), más que el medio para aumentar la productividad de las mismas mediante el riego, por muy utópica que pueda parecernos ahora aquella pretensión y razonable esta última.

De la misma forma, cuando desde mediados del siglo XIX, esa función de desenclave de las tierras peninsulares empieza a cumplirla el ferrocarril, tampoco va a ser el riego la razón prioritaria de la regulación fluvial, aunque ahora si figure como tal en los preámbulos de las leyes y los discursos de los políticos, sino el abastecimiento urbano y la generación hidroeléctrica, objetivos buscados, sobre todo, por sociedades privadas y corporaciones locales, que tuvieron que sortear para ello, las disposiciones oficiales y el criterio de políticos y regeneracionistas. De esta forma, frente a la perspectiva tradicional de la regulación fluvial de nuestra península, protagonizada por el Estado y con el

objetivo del riego, surge otra complementaria de la anterior, en la que el protagonismo corresponde al capital privado y el objetivo es el aprovechamiento hidráulico. Si la dimensión de cuestión nacional de la primera está en la convergencia y el mutuo acuerdo que a lo largo del siglo XX mostraron al respecto las más opuestas ideologías políticas, la de la segunda estriba en la complementariedad de intereses y la convergencia de objetivos entre el sector privado y el público, entre compañías y confederaciones, entre la banca y los ayuntamientos, etc.

Es de la confluencia de esos tres objetivos: abastecimiento urbano, hidroelectricidad y riegos, y no sólo del último, de donde va a surgir la mayoría de las actuaciones sobre las cuencas fluviales, las más importantes concesiones para su aprovechamiento, la construcción de los mayores pantanos, la regulación de caudales hídricos y de intereses económicos, etc. es decir, el motor esencial que dio lugar al inapreciable patrimonio y al equipamiento hidráulico con el que contamos en la actualidad, de la misma forma que es en la interrelación entre lo público y lo privado, y no sólo en el protagonismo de uno de ellos, donde hay que buscar la auténtica dimensión nacional del proceso y ello tanto en el momento presente como a lo largo del siglo XX, que es lo que ahora pretendemos estudiar.

Tecnología, territorio y capital

Esta otra visión de la cuestión hídrica en nuestro país y del desarrollo de la regulación y de la capacidad de embalse de nuestros ríos obliga a manejar otras variables y otros instrumentos de análisis. Si en la tradicional predomina la perspectiva histórica, con la sucesión de regímenes políticos, leyes y actuaciones, nos interesa ahora, sobre todo, una perspectiva más funcional para analizar cómo los diversos elementos que participan en el proceso han interactuado entre si generando el resultado aludido. En este caso, el papel de movilizador intelectual, social y político, que en la perspectiva histórica le corresponde al regeneracionismo, lo ejerce aquí la innovación tecnológica. El protagonismo del estado y la iniciativa pública le corresponde en este otro modelo al capital y a la iniciativa privada y ambos ejercen su actividad e interactúan con el territorio que representa la dimensión geográfica de la cuestión, pero también desde esferas diferentes: el contraste entre la España seca y la húmeda, en el primer caso y entre zonas potencialmente generadores y consumidoras de energía en el segundo.

Los avances tecnológicos a los que nos referimos son los que determinan la electrificación de la sociedad moderna. La nueva forma de energía y sus diferentes maneras de producirla es una de las innovaciones más significativas del mundo contemporáneo, perfectamente identificable con varios de los casos que Schumpeter definió como razones de innovación creadora. Al principio, la demanda de la nueva energía surgió en lugares concretos: las principales ciudades en crecimiento demográfico y los centros industriales, y van a tener soluciones locales, con la aparición de las primeras y modestas compañías eléctricas que actuaban a escala local, mediante pequeñas factorías térmicas o unos pocos molinos fluviales, convertidos en "fábricas de luz", por lo que su capacidad de regulación fluvial era irrelevante. Las primeras aplicaciones de la electricidad en España se remontan a 1852, cuando, tanto en Barcelona como poco después en Madrid, tienen lugar algunas demostraciones meramente anecdóticas de la nueva energía. En 1881, la *Sociedad Española de Electricidad* comienza la electrificación del alumbrado urbano de Barcelona y dos años más tarde lo mismo hace en Madrid la *Sociedad Matritense de Electricidad*, en Sevilla la *Compañía Sevillana de Electricidad* en 1894 y similar proceso en las restantes ciudades españolas. En estos primeros años, la producción eléctrica estuvo muy unida a la de gas, puesto que ambas energías se repartían o disputaban, según los casos, el alumbrado urbano (UNESA, 2005).

Por eso, la primera electrificación española fue, como en el resto del mundo, preferentemente térmica: carbón, gas, vapor, demandada para usos domésticos y para el alumbrado público más que por la industria, pues la electricidad, como forma de energía peculiar, tiene el inconveniente de su escasa capacidad de almacenamiento y dificultades de transporte, sobre todo en un principio. Por ello, debe ser consumida al tiempo que se produce o almacenada en forma de energía primaria (carbón o agua). El carbón y sus derivados si permitían generar electricidad o almacenarla al lado del consumidor, lo que posibilitaba mantener la independencia entre producción y consumo en tiempo y lugar característica esencial de las transformaciones económicas de la primera Revolución Industrial. Por eso, la mala calidad de nuestro carbón y lo costoso del importado condicionó en gran medida los inicios de nuestra primera electrificación, hipotecando indirectamente las bases de nuestra industrialización.

Tampoco el recurso a la generación hidroeléctrica era factible al principio, en este caso por peculiaridades del territorio, pues salvo

excepciones, no había coincidencia entre las zonas de producción y de consumo. Las primeras son las que disponen de un abastecimiento fluvial o pluviométrico suficiente para la generación eléctrica, además de una orografía apropiada para el salto hidráulico y el embalse regulador. Con estas características tenemos, hoy día como hace un siglo, todo el norte peninsular, desde Galicia a Cataluña, los restantes ejes montañosos (Sistema Central, Ibérico, Bético, etc.) y algunos otros casos, como la penillanura occidental de la meseta, con espectaculares casos de encajamientos fluviales (Duero y Tajo fundamentalmente). Por el contrario, las zonas potencialmente consumidoras (Madrid, todo Levante, las principales ciudades andaluzas y Barcelona) estaban situadas a distancias no competitivas de los centros generadores de hidroelectricidad. Incluso las zonas consumidoras de la cornisa cantábrica y del País Vasco, que tenían más cerca la zona productora, tampoco resultaba rentable para la técnica de la época.

Pero el panorama va a cambiar desde finales del siglo XIX, como ya viera Raymond Carr hace tiempo, cuando se empiezan a aplicar con éxito los primeros transformadores de corriente alterna, que permitieron aumentar la distancia entre las centrales productoras y los consumidores y cambiar de fuente primaria: carbón por agua[2], haciendo así rentables recursos hídricos que antes no lo eran por estar lejos de los centros consumidores y primando la rentabilidad del agua sobre el carbón. Es decir, la mejora técnica supuso el *cambio de escala territorial*, en cuanto permitió hacer más homogéneo al factor tierra, que antes no lo era y atrajo al capital interesado en el desarrollo del nuevo modelo energético, dando lugar a lo que Mumford llamaría unos años después: *complejo tecnológico-financiero*. Todo ello promovió el crecimiento y la fusión empresarial atrayendo la inversión de mayores *capitales financieros*, que, a su vez, fueron quiénes posibilitaron nuevas mejoras tecnológicas y actuaciones territoriales a mayor escala.

De esta manera, la innovación tecnológica trasformó, en unos pocos años, el panorama empresarial y financiero de las industrias energéticas españolas. Las pequeñas compañías iniciales, de ámbito de actuación local, dieron paso, por fusión o absorción, a otras más capitalizadas, de ámbito regional, con intervenciones sobre ríos lejanos y,

---

[2] "*Dada la falta de carbón barato, el futuro industrial de España quedó ligado a la energía hidroeléctrica, una vez que el transformador (1890), permitió el empleo de fuentes de energía lejanas* [...] *La energía hidroeléctrica liberó a Cataluña de su dependencia del carbón galés, dio al cultivador de naranjas valenciano energía barata para sus bombas y liberó a las ciudades de la dependencia del costoso gas de las compañías extranjeras*" (Carr, 1969: 391).

en ocasiones, sobre la totalidad de una cuenca. De la misma forma que las primitivas compañías eléctricas eran térmicas sobre todo y aparecían frecuentemente unidas a las de agua y gas, los nuevos tiempos presencian el triunfo incuestionable de lo hidráulico. Por ello, las nuevas empresas se denominan *sociedades hidroeléctricas* y no *compañías de luz y electricidad*, como hasta la fecha, indicando, con el cambio de nombre, otra concepción empresarial.

Y lo más importante para nuestro objetivo: todo ello dio prioridad a la producción hidroeléctrica sobre la térmica, fomentando la intervención sobre ríos y cuencas, lo que resulta de extraordinario interés para el geógrafo que estudia las transformaciones que la gran hidráulica del siglo XX introdujo en los ríos españoles, además de crear el modelo de desarrollo energético de nuestro país.

El hecho, de vital importancia, ha sido ya ponderado por historiadores económicos, en cuanto puede considerarse como "*uno de los pocos ejemplos de aprovechamiento de una innovación tecnológica de nuestra historia económica*" (Sudriá, 1990b: 659), con todos los efectos que ello supuso sobre las otras dos variables aludidas: *el desarrollo del capitalismo y la articulación territorial* de España, que es lo que aquí nos interesa a analizar.

Según el papel jugado por cada uno de los factores aludidos, podemos distinguir tres etapas que se superponen en algunas ocasiones: los orígenes del proceso, desde finales del siglo XIX hasta la Dictadura de Primo de Rivera, protagonizado por la innovación tecnológica en el transporte eléctrico, la consiguiente ampliación del territorio y del mercado y la constitución de las grandes compañías hidroeléctricas; la segunda, hasta los años posteriores a la Guerra Civil, de desarrollo y afianzamiento de la nueva industria, constitución de oligopolios a escala regional y, sobre todo, por la aparición de *Saltos del Duero*, que trastocó el mencionado esquema regional; por último, la tercera etapa correspondería al Franquismo, hasta la crisis energética de 1973, periodo en el que la asociación empresarial consigue constituir un mercado unificado y una red territorial común mediante una fórmula de nuevo original en el contexto europeo.

Tecnología, territorio y capital en los orígenes de la hidroelectricidad en España

La distancia hasta donde era rentable trasportar la electricidad fue creciendo paulatinamente, pues naturalmente no fue un fenómeno

inmediato al descubrimiento del transformador y de la energía alterna. De forma paralela, también fue paulatino el interés de capitales y empresarios por este nuevo sector económico en pugna con otras actividades más convencionales. Además, tampoco la legislación de aguas, concebida para el desarrollo del regadío, era nada favorable a las necesidades de este nuevo tipo de aprovechamientos. Todo ello determinó que el desarrollo hidroeléctrico fuera, en sus primeros años, un proceso lento, contradictorio y poco espectacular.

El primer aspecto que interesa conocer es la formación de las nuevas compañías hidroeléctricas, llamadas a constituir uno de los holding empresariales más importantes del país. Así, *Hidroeléctrica Ibérica* se constituyó en Bilbao el 19 de junio de 1901, por un grupo de empresarios (Eduardo Aznar y Tutor y José Orueta y Nenín) encabezados por el también empresario alavés e ingeniero de minas Juan Urrutia y Zulueta, que sería su primer y más dinámico presidente. Además de concesiones en el Ebro (saltos de Quintana, Besantes y Camarón) para el abastecimiento al País Vasco, la empresa adquirió otras en los ríos Leizarán, Juncal y Urdón. Luego puso en funcionamiento las centrales instaladas en algunos ríos navarros afluentes del Bidasoa, como el Leurtza y, por último, se invirtió en las concesiones que Hidroeléctrica Ibérica tenía en los ríos pirenaicos del Sistema Cinca-Cinqueta, que abastecían la central de Lafortunada, sobre todo la presa de la Pineta, posteriormente ampliada, hacia 1920, con las de Laspuña y Urdiceto (Pérez del Pulgar, 1930). Pero lo más significativo de esta empresa fue la pronta obtención de concesiones en ríos muy alejados, para la época, del País Vasco, donde situaba su centro de consumo (Segre, Mijares, Júcar, Segura y, más tarde, en el Tajo, a la que luego nos referiremos) lo que confirió a esta empresa una gran capacidad de actuación a escala nacional.

En Andalucía se fundó, en 1903, la *Hidroeléctrica del Chorro*, que con concesiones en el Guadalhorce para el abastecimiento de Málaga, a cuyo frente se encontraban figuras conocidas de la sociedad andaluza y española, como Jorge Loring Heredia y Rafael Benjumea, que años después recibiría el título de conde de Guadalhorce, precisamente por su actividad en esta compañía y sería ministro de la Dictadura. Poco después, otras dos compañías se repartirían con la Hidroeléctrica del Chorro el mercado andaluz: la *Compañía Sevillana de Electricidad* (VV.AA 1994) y la también sevillana Mengemor, debida al tesón del ingeniero Carlos Mendoza (Bernal, 1993), creada un año después, con concesiones en el Guadalquivir y en el Guadalimar.

En el primero de esos ríos, *Mengemor*, había construido la presa de Mengibar en 1916 y tres años después emprendió el ambicioso proyecto de hacer navegable el río de Sevilla a Córdoba. Para ello, constituyo una sociedad filial: *Canalización y Aprovechamientos de Energía del Guadalquivir*, cuya finalidad era construir una gran presa en el Jándula, como reserva para la navegación en los estiajes y once saltos más (entre 5 y 11 m.) para salvar la pendiente fluvial, a cada lado de los cuales se proyectaba una central eléctrica y una esclusa (Galnares, García y Gutiérrez, 1996).

Pero en 1920, *Hidroeléctrica del Chorro* pretendió también construir una presa en el Jándula, comprometiendo y paralizando el proyecto de *Mengemor*. Aunque al final ambas iniciativas se integraron en uno sólo programa, las dificultades técnicas, la crisis económica y, sobre todo, la Guerra Civil retrasaron fatalmente el proyecto, del que sólo se construyeron dos saltos y, sobre todo, la presa del Jándula, terminada en 1930, tras grandes dificultades.

En el sector central de la Península, se creó en 1907 *Hidroeléctrica Española* gracias a la participación de tres grupos empresariales: el madrileño, entorno a Lucas de Urquijo, el Banco de Vizcaya con Enrique Ocharan e Hidroeléctrica Ibérica y su presidente Juan de Urrutia que aportó sus concesiones en el Tajo y en el Júcar para abastecer a Madrid y Valencia, a cambio de una participación del 44% del capital social de la nueva compañía.

Asimismo para el abastecimiento de Madrid, se constituyó en 1912 la *Unión Eléctrica Madrileña* por la fusión de Saltos de Bolarque y de la Compañía General Madrileña de Electricidad, con concesiones en el Alto Tajo, que le permitieron la construcción de la presa de Bolarque. Con el mismo fin de abastecer la capital, se constituyó, por las mismas fechas, la compañía *Saltos del Alberche*, con concesiones en dicho río que tenían desde tiempo atrás, Pedro Labat y Jose Mª Mendez Vigo.

Pero la fundación más importante en este sector fue la creación, en 1918, de la *Sociedad Hispanoportuguesa de Transportes Eléctricos-Consorcio de los Saltos del Duero*, que no tendría efectos prácticos hasta diez años más tarde, pero que estaba llamada a protagonizar uno de los mayores esfuerzos de transformación hidroeléctrica de una cuenca fluvial. Se constituyó en Madrid por la fusión de otras sociedades anteriores, como la de los industriales bilbaínos E. Grasset, F. Celayeta y M. Taramona, que tras recorrer el Duero en 1906 fundaron

la "Sociedad General de Transportes Eléctricos", a la que se adhirió José Orbegozo y Goróstegui, principal impulsor del proyecto, y Horacio Echevarrieta. Por su lado, el ingeniero zamorano Federico Cantero Villamil, tenía desde 1912 concesiones en el Duero, Esla y Tormes, pero con una finalidad claramente especulativa. El acuerdo entre estas partes tardó en llegar y para ello fue decisivo el apoyo financiero del Banco de Bilbao, que participó con un 50% del capital social, lo que suponía un auténtico desafío al monopolio financiero que, en el sector, mantenía el Banco de Vizcaya, hasta la fecha.

Por lo que respecta a Cataluña, en 1911 se constituyeron las dos principales empresas hidroeléctricas del periodo. La primera, *Riegos y Fuerzas del Ebro*, conocida popularmente como "La Canadiense" por le origen de su capital fundacional, pues había sido fundada en Toronto por el empresario y catedrático americano F. S Pearson, como filial de un holding internacional: *Barcelona Traction Light Power*. Posteriormente absorbió a la Compañia Barcelonesa de Electricidad. y a otras menores, para asegurarse la distribución del producto (Calvo, 1994). El mismo año se fundó *Energía Eléctrica de Cataluña*, promovida por el empresario catalán, Manuel Riu con capitales franceses y suizos, que desde la central del *Estany Gento*, llevó también la electricidad a la zona industrial catalana.

Estas dos empresas, una vez absorbidas otras menores, protagonizaron una dura pugna por el control energético del territorio catalán. De forma que, si EEC construía en 1914 la central de Cabdella, en el Flamisell y en el Noguera Cardos, (Sánchez, 1992; Nadal, 1994) afluentes del Noguera Pallaresa (años más tarde integrada en el embalse de Sallente), la Candiense hacía lo mismo en el Ebro primero y más tarde (1916) también en el Noguera con en el embalse de San Antoni de Talarn (Tarraubella, 1990). La competencia entre ambas empresas duró hasta la absorción de EEC por la Canadiense, por lo que ésta ejerció durante años un autentico monopolio energético en toda la región,

Similar proceso se produce en el resto de las regiones españolas, a lo largo de las dos primeras décadas del siglo XX. Así, en 1906, se constituía en Santander otra de las compañías representativas de esta época, *Electra de Viesgo*, con concesiones en el río Pas. En 1912, Eléctricas Reunidas de Zaragoza, con concesiones en el Gállego para el abastecimiento de Zaragoza y otras muchas de menor entidad.

Todo este importante conjunto empresarial supone un notable esfuerzo de capitalización, con la participación del sector financie-

ro, atraídos por las perspectivas de negocio que la nueva fuente de energía ofrecía. Como ocurriera años atrás con el ferrocarril, las pequeñas sociedades nativas de un principio fueron adquiridas por capital extranjero, que a partir de 1900 se desplazó desde la minería y los ferrocarriles a las empresas energéticas. Pero según fue creciendo la demanda energética, fue la gran banca española, primero la vasca y luego la del resto del país, quien desplazó, a su vez, al capital extranjero constituyendo oligopolios y holdings electrofinancieros muy potentes. De esta forma, la industria hidroeléctrica se convirtió en uno de los flujos de capital principales del país, con similar capital al desembolsado, hacia 1920, por las empresas ferroviarias (1.160 millones de pesetas. vid. Roldán García Delgado y Muñoz, 1973).

A este respecto, y sin abandonar los aspectos económicos y financieros, es necesario hacer unas breves referencias a tres cuestiones básicas. Primero a la discusión referente a las causas que determinaros este proceso: la sustitución del carbón y la generación térmica por el agua y la hidroelectricidad ¿fue a causa de las ventajas de la innovación o de la diferencia de precios? Para ciertos autores (Maluquer, 1987-1992 y Sudriá 1990a-1990b) fue la posibilidad de transportar la electricidad a grandes distancias quién permitió el cambio de carbón a la hidráulica, con el abaratamiento de la producción y la rápida difusión de la nueva energía por el sector productivo, así como la creciente concentración de capital y formación de las grandes empresas eléctrica, a las que nos acabamos de referir. Para Antolín (1988-1990), por el contrario, que sigue a Woolf, son las ventajas de precios relativos entre electricidad y carbón, más que las ventajas tecnológicas, las que favorecen la electrificación de un país y, en el caso español, la debilidad de esa ventaja la que explica la lentitud del proceso y su fragilidad hasta poco antes de la guerra.

Por nuestra parte podemos añadir, en apoyo de la primera postura, que es fundamental la variante territorial, pues no toda la producción hidroeléctrica es igual, ni es lo mismo las pequeñas fábricas con agua fluyente que las grandes centrales dependientes de grandes presas y embalses de regulación. Ello depende de los caracteres geográficos de cada zona y cuenca y va a condicionar, a su vez, los costes, márgenes de beneficio y la misma inversión de las empresas productoras. Por ello, no debemos olvidar que el momento esencial de este proceso se produce en los años veinte, cuando se crean las Confederaciones

Hidrográficas, ante la necesidad de una común planificación de cuenca. Por otro lado, y como puso de manifiesto Velarde (1990), en este proceso jugo un papel decisivo el impacto de la Guerra Mundial que, al cortar el suministro del carbón extranjero, obligó a las térmicas a abastecerse exclusivamente del nacional, que era mucho más caro, lo que hizo más rentable la producción hidráulica que la térmica, en el momento que los avances técnicos citados posibilitaban el transporte eléctrico a mayor distancia. A ello se añadió además la generalización del motor eléctrico frente al de vapor, por la mayor eficiencia de aquél, y la independencia económica y energética que la hidroelectricidad suponía frente a la necesaria importación de otras fuentes primarias.

CUADRO I
PRINCIPALES EMPRESAS HIDROELÉCTRICAS
A PRINCIPIOS DEL S. XX

Año	Compañía	Promotores	Concesiones	Destino
1901	Hidro. Ibérica	Juan Urrutia Bco. Vizcaya	Ebro, Norte, Pirineos, Tajo	País Vasco
1903	Hidro. del Chorro	J. Loring, R. Benjumea	Guadalhorce	Málaga
1904	Mengemor	Carlo Mendoza	Guadalquivir	Sevilla
1905	Hidro. Santillana	Marqués de Santillana	Manzanares	Madrid
1906	Electra del Viesgo	S. G. Cent. Elec. Bco. de Vizcaya	Pas	Cantabria
1907	H. Española	L. Urquijo, H. Ibérica	Tajo y Júcar	Madrid, Valencia
1911	La Canadiense	F. S. Pearson	Noguera	Cataluña
1911	EEC	Manuel Riu	Pirineo	Cataluña
1911	U.E. Madrileña	M. de Urquijo	Tajo	Madrid
1912	Saltos Alberche	P. Labat, J.Mª Mendez	Alberche	Madrid
1918	Saltos del Duero	J. Orbegoza, F. Cantero, Bco. Bilbao	Arribes Duero	P. Vasco, Madrid

Una segunda cuestión, más relacionada con los aspectos territoriales y las peculiaridades del aprovechamiento hídrico, son las limitaciones legales que tuvieron que afrontar las empresas concesionarias.

En efecto, la centenaria y famosa Ley de Aguas de 1879 no contemplaba explícitamente los aprovechamientos hidroeléctricos, como era lógico dado la fecha de su promulgación. En su art. 160, establecía el siguiente orden de preferencias para el uso del agua: "*1.- Abastecimiento a poblaciones 2.- Idem. ferrocarriles 3.- Riegos 4.- Navegación 5.- Molinos, fábricas, barcas y puentes flotantes*". Sólo el art. 220, contemplaba la concesión a perpetuidad para establecimientos industriales, lo que permitía cierta posibilidad de aprovechamiento hidroeléctrico, pero fue dejado sin efecto por un decreto de 1921. Además el art. 153 establecía que las aguas concedidas para un aprovechamiento no podrán aplicarse a otro sin nueva autorización, lo que limita los usos no consuntivos, como el hidroeléctrico (Molina, 1983). Solo en la llamada Ley de Pantanos de 1911, una de las reformas del plan Gasset, se contempla la problemática específica de la construcción de grandes presas, estableciéndose la posibilidad de que, en determinadas obras de interés público, su financiación fuera costeada por partes iguales por el Estado y la promotora privada, pero pensándose más en el regadío que en el aprovechamiento energético (Molina y Montiel, 2004).

Todos estos aspectos fueron duramente criticados por los promotores hidroeléctricos, empresarios e ingenieros, destacando la opinión del presidente de Hidroeléctrica Ibérica, Juan Urrutia que en dos trabajos de los años 1918 y 1922 criticaba los citados preceptos de la Ley de Aguas. Sin duda como consecuencia de ello se promulgó el Real Decreto-Ley de 12 de abril de 1924, en el que se definía a la producción eléctrica como servicio público y se establecía un régimen de concesiones para cada salto de agua, para que los aprovechamientos hidroeléctricos vieran reconocida su importancia. En dicho decreto, se fijaba además las tarifas en relación a sus condiciones particulares y se establecía una red de distribución autónoma para cada uno. Pero no será hasta después de la Guerra Civil, cuando se ponga de manifiesto el carácter subsidiario del riego en la regulación fluvial, frente al creciente aprovechamiento hidroeléctrico, aunque oficialmente se siguiera diciendo lo contrario[3].

[3] Así lo exponía en 1947 un conocido ingeniero de la época (Jiménez Aparicio), para él que, aunque el Plan de Obras Hidráulicas, elaborado en el espíritu de la Ley de Aguas de 1879 *"daba una primacía absoluta a los riegos"*, parecía llegado el momento de estudiar la equiparación y compatibilidad entre ambos aprovechamientos, planeando en todo pantano su correspondiente central eléctrica a pie de presa.

Por última, la tercera cuestión a la que hacíamos referencia es la construcción de la primera infraestructura hidroeléctrica española, constituida tanto por las presas y centrales generadoras, como por las líneas de alta tensión, que llevaban la energía hasta los centros de consumo, embrión de la futura red eléctrica nacional. Estas primeras construcciones quedan resumidas en el cuadro II.

CUADRO II:
ORIGEN DE LA RED DE ALTA TENSIÓN EN ESPAÑA

Año	Compañía	Central	Río/Cuenca	Destino	Dist. Km.	Tensión Volt.
1904	H. Ibérica	La Quintana	Ebro	Bilbao	75	30.000
1907	H. del Chorro	El Corchado	Guadalhorce	Sevilla	150	40.000
1909	H. Española	El Molinar	Júcar	Madrid	255	60.000
1911	La Canadiense	Nogueras	Noguera	Barcelona	110	40.000
1911	U.E. Madrileña	Bolarque	Tajo	Madrid	70	50.000
1912	Saltos Alberche	Burguillo	Alberche	Madrid	65	40.000
1912	Elecs. Rdas. Zarag.	Gállego	Gállego	Zaragoza	80	30.000
1922	H. Ibérica	Lafortunada	Pirineo	Bilbao	260	132.000
1935	Saltos del Duero	Ricobayo	Esla	Bilbao	355	138.000

Así, en los primeros años del siglo XX se construyeron las centrales de la Quintana, El Corchado, en la provincia de Málaga y el Salto del Molinar, en el Júcar, que llevaba su energía hasta Madrid (250 km) mediante una línea de alta tensión de 60 kV, auténtica proeza para la época. Hasta entonces la capital se veía modestamente abastecida desde los saltos de Navallar sobre el Manzanares (1902), de Hidráulica de Santillana, sociedad creada para el abastecimiento de agua a la ciudad desde este pantano, pero que participó también en la generación eléctrica.

Luego vendrían las presas en los dos Nogueras, la de Burguillo en el Alberche y la de Bolarque en el alto Tajo, para el abastecimiento de Barcelona y Madrid respectivamente, y las construidas por Hidroeléctrica del Cantábrico, en 1919, en los rápidos ríos de esta cordillera para abastecer el triángulo Oviedo-Gijón-Avilés.

Los monopolios regionales: capital y territorio en la consolidación del sistema eléctrico peninsular

Como consecuencia de este desarrollo hidroeléctrico, España contaba, a la llegada de la República, con un total de 259 centrales hidroeléctricas y 86 térmicas, lo que suponía 1.418 Mw. de potencia insta-

lada y 2.814.000 Mwh. de producción media anual (UNESA, 2005). Pero estas cifras son poco significativas pues, por un lado, la distribución de las centrales generadoras era muy heterogénea. Así, por ejemplo, había una clara concentración de centrales hidroeléctricas (más del 50%) en el norte de la península (regiones, vasconavarra, norte y catalana) debido a condiciones físicas y, sobre todo, a la proximidad de los centros de consumo. Otro núcleo importante lo constituyen Levante y Andalucía, aunque en menor proporción, mientras todo el centro peninsular aparece mucho menos equipado. Caso especial a destacar es el de Cataluña con casi un 30% de la energía producida en todo el país, en clara correspondencia al desarrollo industrial de esta región en esa época (Cuadro II).

Por otro lado, esas ocho zonas en la que estaba dividido, a efectos energéticos, el territorio nacional estaban prácticamente incomunicadas, como consecuencia de las condiciones morfológicas, de la tecnología del momento y de la forma de acumulación seguida por el capital desde principios de siglo, por lo que puede resultar equívoco hablar de red nacional, cuando lo que teníamos era un conjunto de redes independientes.

CUADRO II:
LAS CENTRALES ELÉCTRICAS ESPAÑOLAS EN 1934

ZONA	Cent. Hidroel.	Cent. Térmicas	Potencia instalada (Kw)	Producción (Mwh)
Cataluña	44	7	321.260	839.673
Aragón	18	4	54.120	253.388
Vasconavarra	52	11	179.330	389.008
Norte	38	17	159.070	343.344
Centro	12	2	173.800	316.394
Levante	34	19	196.200	301.016
Andalucía	48	19	183.590	324.911
Castilla-León	13	7	151.160	46.275
Media	32,3	10,75	177.316	351.751
Totales	259	86	1.418.530	2.814.009

FUENTE: UNESA

Para aquel entonces, se había superado ya la atomización de un principio, aunque subsistían numerosas pequeñas empresas de actuación local, incluso era apreciable una tendencia hacia la concentración y el oligopolio. Así, las cinco mayores compañías del sector:

Hidroeléctrica Ibérica, *Hidroeléctrica Española*, *Saltos del Alberche*, *Unión Eléctrica de Cataluña* y *Riegos y Fuerzas del Ebro* suponían más del 50% de la potencia instalada y de la producción de energía disponible global de todo el país. Pero, en algunas regiones la concentración se aproximaba al monopolio (Figura 1ª). Así, en la región catalana, la empresa *Riegos y Fuerzas del Ebro* contaba con poco menos del 60% de las centrales en funcionamiento, pero que en conjunto suponían casi el 90% de la potencia instalada y un 78% de la energía producida. Más claro es el caso de la otra región industrial del país de entonces, la vasconavarra, en la que *Hidroeléctrica Ibérica*, a pesar de tener sólo un 20% de las centrales hidroeléctricas y tan sólo un 9% de las térmicas, controlaba más del 90% de la potencia instalada y casi el 70% de la producción. También en la región levantina, *Hidroeléctrica Española* ocupaba una posición claramente monopolística, con el 67% de la potencia instalada y el 90 de la energía producida, al igual que en Galicia, la *Sociedad General Gallega de Electricidad*, con dos centrales: Segad y Fervenza, producían casi el 90% de lo consumido en esta región (Torres, 1988).

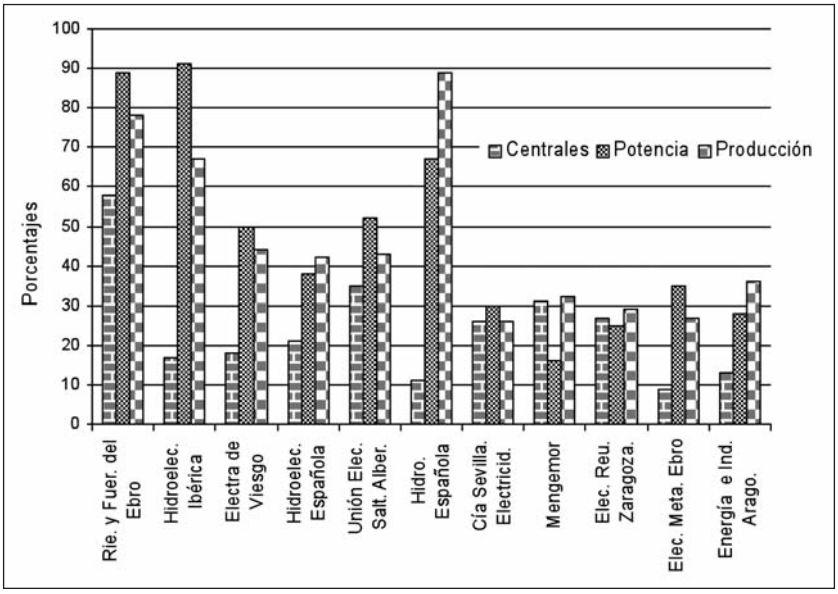


Figura 1: La electricidad en España en 1934. Porcentajes de las principales compañías en centrales, potencia instalada y producción, sobre los totales de sus regiones respectivas.

En las restantes zonas eléctricas sería más correcto hablar de oligopolios locales, pues es necesario sumar los efectivos de varias empresas para alcanzar porcentajes similares. Era el caso de Aragón, con *Eléctricas Reunidas de Zaragoza*, *Energía e Industrias Aragonesas* y *Electrometalúrgica del Ebro* y, o de la región Norte, con: *Electra del Viesgo* y *Cooperativa Eléctrica de Langreo* y algo similar ocurría en Andalucía. La región Centro, polarizada por la capital, se la repartían tres empresas: *Hidroeléctrica Española*, *Unión Eléctrica Madrileña* y *Saltos del Alberche*, en total casi el 90% de la energía producida, mientras que la región castellano leonesa ofrecía la imagen más pobre del panorama eléctrico español, pues sólo dos empresa de ámbito local: *Eléctrica Popular Vallisoletana* e *Hidroeléctrica Navarra de Salamanca*, con similar producción se dedicaban al abastecimiento de estas dos principales ciudades castellanas.

Este era el esquema del sistema eléctrico nacional a mediados de los años treinta del pasado siglo, coherente con la época y los medios pero totalmente insuficiente para hacer frente a las demandas que se podían presumir. Como puso de manifiesto Isabel Bartolomé (1995-1999), la debilidad de nuestro sistema eléctrico estribaba en tres variables: la potencia media por central, el número total de embalses construidos y la longitud de las líneas de interconexión, lo que atribuye a la debilidad de la demanda industrial española y a la estructura tarifaria de esta energía. Además, conviene recordar una vez más, las particularidades del territorio, como los diferentes regímenes fluviales, tipos de cauce, desniveles, cerradas, caudal, etc. así como la distancia entre los centros de consumo y los potencialmente productores, que siempre han supuesto una dificultad añadida.

Mientras la oferta fue superior a la demanda en cada una de las zonas citadas, el sistema funcionó razonablemente bien, pero cuando tras la Guerra Civil, la demanda de energía aumentó por necesidades de la reconstrucción, a la vez que la oferta era menor como consecuencia de las destrucciones del conflicto y la escasez de inversiones para la reconstrucción, se llegó al colapso del sistema[4].

La situación había sido sino prevista o al menos intuida, desde unos años antes, por el P. Pérez del Pulgar, director del ICAI, pero

[4] Ello se puso de manifiesto con ocasión de la guerra pues, en ocasiones, el frente separó las zonas productoras de las consumidoras, creando graves problemas de abastecimiento. Fue el caso de Bilbao, en el que Hidroeléctrica Ibérica sólo pudo utilizar los saltos del Cadagua y la térmica de Burceña. Y también el de Madrid que desde octubre de 1936 se vio privada del abastecimiento desde el Alberche.

como mera propuesta conceptual, que pretendía la creación de una Sociedad Anónima, intervenida por el Estado, que construyera una Red Eléctrica Nacional. Hubo otros proyectos que pretendían crear una red periférica con líneas radiales hacia el centro de la península, pero no se llegó a hacer nada en concreto por el estallido de la guerra. Hacia falta, para ello, cambiar de escala territorial y remover otros obstáculos tanto técnico (interconexión de redes) como financiero (fusión o absorción de empresas).

Sin embargo, hay un ejemplo muy significativo de que ya se pensaba en ese tiempo nuevo: la construcción por *Saltos del Duero*, de la megapresa para la época de Ricobayo, en el Esla, construida entre 1928-35, de 100 m. de altura y 230 m. de longitud en su coronación, que retenía un embalse de 1.200 Hm^3 de capacidad, magnitudes espectaculares para la época, como también los era su potencia instalada de 135.000 kw, un 10% del total de toda España y cuya producción anual podía superar ampliamente el 20%. Todo ello pone de manifiesto que se estaba pensando ya en otra estructura del espacio energético nacional.

Además, la zona elegida, los Arribes del Duero y el Aliste zamorano, incluso hoy día pero mucho más en el primer tercio del siglo pasado, era un *lugar alejado de cualquier parte*, en particular de los centros consumidores de Bilbao y Madrid. Ya nos hemos referido a las vicisitudes empresariales y financieras de las empresas y de los distintos proyectos originarios, que convergieron en 1918 en la "Sociedad Hispano Portuguesa de Transportes Eléctricos" y "Consorcio de los Saltos del Duero". Pero, diferencias de carácter internacional, no resueltas hasta 1927, discusiones entre las partes sociales, así como las dificultades técnicas de un proyecto de esta envergadura fueron retrasando el comienzo de la obra hasta finales de la Dictadura.

Por el contrario, la empresa contó desde sus orígenes, como "obra de Estado", con el apoyo y participación y de instituciones y de los grupos sociopolíticos rectores de la sociedad española, sentando un precedente de lo que sucederá posteriormente durante el Franquismo. Así, durante la Monarquía, en el proceso de preparación intervinieron personajes como Romanones, Maura y Guadalhorce y en los numerosos litigios entre accionistas e instituciones, Santiago Alba y un hijo de Salmerón (Diaz Morlán, 1998). Sus promotores fueron recibidos varias veces por el propio Rey, que en su visita a las obras, poco antes de su destronamiento, no dudó en afirmar: *"Seguirán estas obras por encima de todas las inquietudes del momento, porque uniendo a todos,*

monárquicos y republicanos, está la idea de la patria" (Chapa, 1999: 117). Palabras que en buena medida resultarían premonitorias puesto que, poco después, proclamada ya la República, Ricobayo recibió la visita de Indalecio Prieto, ministro de Obras Públicas, cuya actitud no pudo ser más significativa: *"He ido desde la Maya a los Saltos del Duero porque quería conocer el grado de progreso de estas obras y me he maravillado de su adelanto; este es el ritmo que deben llevar también las obras del Estado* [...] *El Estado tiene iniciadas obras de esta misma amplitud y Saltos del Duero nos ofrece un modelo de organización"* [5]. Días después, en sede parlamentaria y en plena discusión de la famosa Ley Obras Hidráulicas, una de las piezas fundamentales de la política hidráulica de toda el siglo, reafirmó esos mismos juicios: *"Voy a buscar una formula que permita* [...] *trasladar el alma técnica de Saltos del Duero, su organización, con sus ingenieros, con sus obreros, con su material auxiliar a orillas del Guadiana, para que esa técnica* [...] *levante allí un nuevo templo al trabajo como lo ha hecho a orillas del Esla"* [6].

Terminada la presa y su central, se construyó una línea de 355 km, de Zamora a Bilbao de 138 Kw. superior en voltaje y longitud a las entonces existentes que supuso una conmoción en el sistema. Tras una corta guerra con Hidroeléctrica Ibérica, se llegó a un acuerdo entre ambas empresas, el 1 de febrero de 1936, preludiando la posterior fusión (1944).

Nuevas posibilidades tecnológicas, fusiones de capital y unificación territorial: la creación de la red eléctrica nacional

Tras la guerra se imponía pues una reestructuración del sector, como ocurrió también en otros países europeos. Además de las necesidades de la reconstrucción propiamente dichas, era necesario aumentar la potencia instalada y hacer más eficiente la producción energética, lo que requería nuevas centrales e interconexión de zonas. Para ello sólo había dos posibilidades: intervención pública o asociación de productores.

El primer caso fue el seguido en Francia, Reino Unido, Portugal e Italia y que, en España, condujo a la creación de RENFE, ejemplo similar en otro sector estratégico (UNESA, 2005), pero se optó por el

[5] Declaraciones al *Adelanto* de Salamanca. Vid Chapa 1999: 117
[6] Idem. *Discursos Parlamentarios* Vid. Chapa 1999: 117-118

segundo bajo una original fórmula que confería amplias competencias a la asociación de los grandes empresarios agrupados en *Unidad Eléctrica (UNESA)*, sociedad anónima creada en 1944 a iniciativa de Jose Mª de Oriol y Urquijo, presidente de Hidroeléctrica Española y personajes clave de esta historia.

La sociedad se creaba con el objetivo de coordinar, *conjugar* como dice la orden de creación, los sistemas regionales de producción de electricidad, lo que en aquel entonces no era tarea fácil. Así se explica las amplias facultades que se otorgaban en el artículo primero de dicha orden: *"Se aprueba el plan de conjugación de sistemas regionales de producción de energía eléctrica propuestos por D. José Mª de Oriol y Urquijo, presidente de UNESA a quien se encomienda su ejecución"* [7]. El art. 3 era algo más explícito, pues declaraba la urgencia en la conexión del sistema catalán y del aragonés con el de Iberduero, y el de Hidroeléctrica Española y Mengemor, es decir, la red básica de la futura red eléctrica nacional.

En una palabra, las amplias facultades concedidas a lo que, en propiedad no era más que una asociación empresarial, carácter que pasó a tener en 1998 por exigencia de la liberalización económica, fue la forma de posibilitar que el *capital* forzara la reconversión tecnológica, es decir, la aludida conjugación de sistemas regionales, permitiendo ampliar la escala territorial de la red. Ello mediante una oficina especializada: el *Repartidor Central de Cargas*, vinculada también a la Dirección General de la Energía. Es a través de estos intercambios con los que se puedo planificar la gestión integral del sistema, formalmente encargada a UNESA mediante un decreto de 1951, que supuso el fin, de hecho, del sistema de concesiones y lo sustituyó por una programación global de los mecanismos de producción y consumo a escala peninsular. Todo ello hizo innecesaria la nacionalización, pues UNESA realizó incluso funciones de arbitraje entre las partes.

Con ello, el panorama eléctrico español cambió en unos pocos años. En primer lugar, se produjo la aparición de nuevas empresas, bien por la intervención del Estado, como por fundación de otras nuevas, de inversiones de la banca privada o fusión de empresas anteriores que aumentaron así su capacidad de producción. Ese fue el caso de

[7] Artículo calificado de "sorprendente" años después por García de Enterría (UNESA, 2005: 16), a la sazón secretario general de la nueva sociedad, y sorprendente es, en efecto, que la Administración Pública promulgue una norma aprobando la propuesta de un particular, sin explicar los términos de la misma y encargándose a dicho particular la ejecución de lo aprobado.

FENOSA (Fuerzas Eléctricas del Noroeste, S.A) que terminó absorbiendo a la Sociedad General Gallega de Electricidad. Esta nueva empresa fue promovida, en 1943, por el financiero gallego Pedro Barrie de la Maza, cuyos servicios fueron reconocidos por el franquismo con un título nobiliario. El primer embalse de FENOSA fue el de las *Conchas*, en el Limia, inaugurado en 1950, pero sus más importantes actuaciones se centraron en el Miño medio. Así, entre 1955 y 1968 se fueron construyendo en este río los embalses de *Los Peares*, que aprovecha el importante encajamiento del río poco antes de la desembocadura del Sil, *Belesar*, la más importante de las presas de este sistema, *Velle*, en las afueras de Orense, prácticamente un embalse "urbano", *Castrelo de Miño,* construida en 1968 en el Ribeiro y la de *Frieira*, ya en la transición al curso bajo del río. Además, FENOSA construyo otras presas menores en varios afluentes del Sil (*Edrada, Mao, San Sebastián, Pías, Prada*, etc.).

Pero poco después de la fundación de FENOSA y también en Galicia tuvo lugar la de *Saltos del Sil*, empresa creada en 1945 por la Sociedad Siderometalúrgica de Ponferrada, con el apoyo de los Bancos Santander, Central y Pastor y que protagonizó una de las intervenciones fluviales más interesante de las llevadas a cabo en este periodo. El objetivo inicial de esta empresa era la construcción de un embalse en el cañón de San Esteban, en el bajo curso del Sil ya en su confluencia con el Miño, pero debido a la irregularidad del río, se vio la necesidad de planificar su explotación integral y la de sus afluentes y subafluentes, Bibey y Navea sobre todo, regulando la cabecera de todo el conjunto con un gran embalse (*Chandrexa*) e integrando en el sistema a los del medio (*Guístolas-Portenovo, Montefurado* y *Sequeiros*). El esquema es similar: en todas las presas, con un canal a media ladera de longitud variable hasta la central en el fondo del cauce, de forma que el agua turbinada era represada otra vez aguas abajo, para generar una nueva turbinación.

Este imponente sistema fue construido en tan solo siete años, a pesar de las enormes dificultades, falta de medios y problemas de comunicación casi insolubles, bajo la dirección de jóvenes ingenieros entonces (Alejandro del Campo y Julián Trincado) de escasa experiencia pero notable ingenio (Chávarri, 2004: 106, 114). Las obras comenzaron con la construcción de *Sequeiros*, entre 1945 y 1951, en el Sil, después siguió *Guístolas* y *Portenovo*, situada aguas abajo del Navea. Pero el efecto regulador de estos embalses era prácticamente imperceptible, por lo que se pensó en la construcción de una presa de más

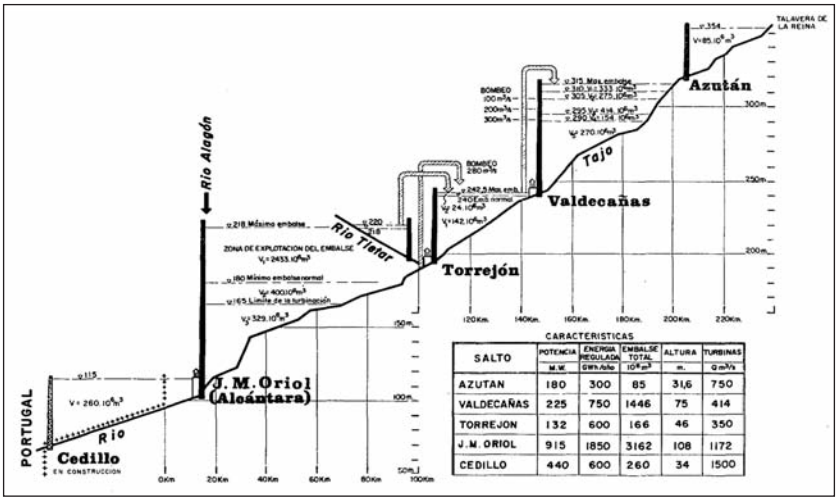
envergadura en el alto Nevea, donde se levantó el embalse de *Chandrexa*, con una capacidad de 60 Hm^3, construido en cinco años que supuso la inundación de 245 hectáreas de terreno y bajo cuyas aguas quedaron sumergidos varios pueblos y aldeas del valle. Al año siguiente (1954) se terminaba la presa de *Montefurado* y cuatro años más tarde, la de *San Martín* y la presa esencial de todo el sistema, la de *San Esteban*, de 115 m de altura y casi 300 m de longitud en su coronación (Arroyo, 2007).

A pesar de esta impotente actuación, *Saltos del Sil* tuvo una corta vida como empresa independiente, pues fue absorbida por *Iberduero*, empresa resultante, a su vez, de la fusión entre dos grandes del sector, *Hidroeléctrica Ibérica* y *Saltos del Duero*, hasta entonces duras competidoras. La nueva empresa pudo así afrontar la continuación del proyecto de los arribes del Duero, con la construcción de dos presas en el Duero: Villacampo y Castro (1942-53), y las que le correspondían a España en el tramo internacional: Saucelle (1948-56) de 83 m. de alto por 180 de largo y, sobre todo, Aldeadávila (1962), de 140 m. por 250 m., la más alta de España en su momento, que abastece una central de 718 Mw, la de mayor potencia de Europa en su época. Por último, en 1970 se inauguró la imponente presa de La Almendra-Vilariño, en el Tormes-Duero, de espectacular boveda de 197 m. de altura por 567 de longitud y un embalse de 2.648 Hm^3. que abastece una central reversible en el Duero de 540 Mw.

Con todo ello, la nueva empresa resultante se anunciaba ya, desde finales de los años cincuenta, como una de las compañías hidroeléctricas de más futuro del país, lo que se convirtió en realidad tras su fusión con *Hidroeléctrica Española*, empresa en cuya fundación había intervenido, dando ahora lugar a *Iberdrola*. Antes de dicha fusión, *Hidroeléctrica Española* tenía concedido el tramo final del río Tajo español, con un desnivel de 238 m y un apreciable caudal que la convertían en una de las zonas potencialmente productoras de mayor interés tras la unificación de la red eléctrica. Se diseñó, pare ello, un aprovechamiento en cuatro tramos escalonados: Valdecañas, Torrejón, Alcántara y Cedillo, tras las confluencias del Alberche, Tietar, Alagón y Sever, respectivamente.

La presa de Valdecañas, de tipo bóveda y 75 m de altura por 218 m de longitud se construyó entre 1956 y 1963 y permite embalsar unos 1440 Hm^3, por lo que actúa como presa de cabecera del sistema. Un año después se culminaba el embalse de Torrejón, en el Tajo, cuya cola

llega al pie de Valdecañas, permitiendo así un circuito reversible. Pero no es sólo eso, lo novedoso del sistema fue la construcción de otra presa en el inmediato Tietar, casi en su desembocadura y la instalación de la central en el interfluvio entre Tietar-Tajo, en el domo que separa ambas presas, que quedan así unidas mediante las correspondientes galerías, de forma que una sola central es abastecida por ambos embalses, con turbinas reversibles que permiten realizar varias funciones.



SALTO	POTENCIA M.W.	ENERGIA REGULADA GWh/año	EMBALSE TOTAL $10^6 m^3$	ALTURA m.	TURBINAS $G m^3/s$
AZUTAN	180	300	85	31,6	750
VALDECAÑAS	225	750	1446	75	414
TORREJON	132	600	166	46	350
J.M. ORIOL	915	1850	3162	108	1172
CEDILLO	440	600	260	34	1500

Figura 2. Esquema del sistema hidroeléctrico del Tajo de Iberdrola (según Castillo. 1964).

Alcántara es, sin duda, la presa fundamental de todo el sistema y una de las más importantes de España. Fue inaugurada en 1965, como un éxito de la ingeniería civil de la época y no sólo por su magnitud: 130 m de altura por 570 m. de longitud, de gravedad aligerada, con dos aliviaderos, 3.137 Hm^3. de capacidad y 800 Mw de potencia instada, sino también por la imagen empresarial que supuso, la proximidad del famosos puente romano y la sede originaria de la Orden Militar. El territorio inundado, en las orillas del Tajo y del Alagón hasta casi 90 kms aguas arriba de la presa, obligó a modificar toda la red viaria de la zona y construir 19 nuevos puentes y viaductos.

Por último, la presa de Cedillo (1970), no prevista originariamente, recoge los sobrantes de Alcántara, con la que tiene un solape de unos cinco metros y los aportes del Salor, Ponsul, Rejas y Sever. De la misma forma y por los mismos años, se construyó la presa de Azután, como apoyo de Valdecañas, en el otro extremo de la concesión.

Por su parte, en Cataluña, la gran beneficiada del proceso había sido la Canadiense, que tras absorber a su competidora principal, la Energía Eléctrica de Cataluña, terminó, a su vez, siendo absorbida por FECSA, que se hizo con la casi totalidad del mercado eléctrico de Cataluña, ya bajo otras condiciones sociales y políticas (Capel, 1994). El tercer protagonista de esta historia fue la *Empresa Nacional Hidroeléctrica de Ribagorza* (ENHER) quien, entre 1950 y 1970, construyó los mayores embalses de la región, pero lo hizo ya con la perspectiva de una red eléctrica integrada, es decir bajo unas condiciones financieras, técnicas y territoriales diferentes a las que habían presidido el origen de la electrificación catalana (Urteaga, 2003).

En Andalucía, la *Compañía Sevillana de Electricidad* se fusionó con *Mengemor* y con *Hidroeléctrica del Chorro* que más tarde, acabó siendo absorbida por ENDESA. El relativo fracaso de los proyectos sobre el Guadalquivir (Presa del Jándula), a los que ya nos hemos referido, dio protagonismo a la acción pública, personalizada en la Confederación Hidrográfica del Guadalquivir y materializada en una obra emblemática: *El Tranco de Beas*. La construcción de una gran presa de cabecera del río estaba ya contemplada en el Plan de 1902, pero no fue hasta 1916 cuando se redactó un primer proyecto, que no se empezó hasta 1930 y terminó en 1945, tras la interrupción de la guerra (Briones, 1946). La zona levantina quedó preferentemente en manos de *Hidroeléctrica Española*, tras la absorción de LUTE y de *Volta*. Mientras en la región centro, *Unión Eléctrica Madrileña*, tras absorber a *Saltos del Alberche*, pasó a llamarse *Unión Eléctrica SA* y, por último, termino fusionada con FENOSA.

Más adelante fue la intervención del Estado, a través del INI, en el sector con la creación de ENHER, que completó la intervención en la cuenca del Ebro y, sobre todo, de ENDESA, al principio dedicada preferentemente a la producción termoeléctrica, y que, tras absorber a buena cantidad de las empresas antes citadas, terminó por convertirse en la sociedad más potente del sector.

De esta forma, la creación de un mercado unificado dio el impulso definitivo al sistema empresarial del sector eléctrico, preparándolo para los retos de fines de la centuria, como la liberalización, la crisis energética, el aumento de la demanda como consecuencia del desarrollo económico y del aumento nivel de vida, etc. Ello generó puntas de consumo difíciles de cubrir con la hidroelectricidad, por lo que, desde principios de los setenta se dieron facilidades para las térmicas, preci-

samente cuando se disparaban los precios de los hidrocarburos y les compañías eléctricas españolas iniciaban su aventura multinacional (Hoz y Ruiz, 1977). Luego vinieron las renovables, el efecto invernadero, la competencia y fusión con el gas, como en los orígenes y los desafíos energéticos del siglo XXI. Pero eso es ya otra historia.

BIBLIOGRAFÍA

ALARCÓN DE PORRAS, F. (2000), *Historia de la electricidad en Málaga*, Editorial Sarriá, Málaga.

ALZOLA Y MINONDO, P. (1899): *Las obras públicas en España. Estudio histórico*. Reedición de 1979, estudio preliminar de BONET CORREA, A. Madrid. Col. Ingenieros de Caminos y Ed. Turner. 504 pp.

ANTOLÍN, F. (1988), "Electricidad y crecimiento económico. Los inicios de la electricidad en España", *Revista de Historia Económica*, 3, pp. 635-655.

ANTOLÍN, F. (1990)), "Electricidad y crecimiento económico. Una hipótesis de investigación" *Revista de Historia Económica*, 3, pp. 661-671.
ARROYO ILERA, F. (1998a): "Las obras públicas en España: emblema de progreso y modernidad (1868-1968)". En *Imágenes de la ciencia en la España contemporánea*. Madrid. Fundación Arte y Tecnología. Págs. 42-61.

ARROYO ILERA, F. (1998b): *Agua, paisaje y sociedad en el siglo XVI, según las Relaciones Topográficas de Felipe II*. Madrid. Ediciones del Umbral. 248 Págs.

ARROYO ILERA, F. (2004): "Demandas en la cuenca del Tajo para riego, abastecimiento urbano, energía eléctrica y trasvases". En GIL OLCINA, A (coord..): *Alteración de los regímenes fluviales peninsulares*. Murcia. Fundación Cajamurcia. Págs. 555-594.

ARROYO ILERA, F. (2007): "Territorio, tecnología y capital. La regulación hidroeléctrica de los ríos españoles (1900-1970)". En *Treballs de la Societat Catalana de Geografia*. Nº 63. Págs. 39-70.

ARROYO ILERA, F. y CAMARERO BULLÓN, C (2004): "La compañía de navegación del Tajo en el siglo XVIII y el proyectos de Carlos de Simón Pontero". En, *Historia, clima y paisaje. Estudios geográficos en memoria de Antonio López Gómez*. Valencia. Universidades de Valencia, Alicante y Autónoma de Madrid. Págs. 75-98.

BARTOLOMÉ, I. (1995), "Los límites de la hulla blanca en vísperas de la Guerra Civil: un ensayo de interpretación", *Revista de Historia Industrial*, 7, pp. 109-140.

BARTOLOMÉ, I. (1999), "La industria eléctrica española antes de la guerra civil: reconstrucción cuantitativa", *Revista de Historia Industrial*, 15, pp. 139-159.

BERNAL, A.M. (1993), "Ingenieros-empresarios en el desarrollo del sector eléctrico español: Mengemor, 1904.-1951", *Revista de Historia Industrial*, 3, pp. 93-125.

BRIONES, F. (1946). "El pantano del Tranco de Beas". *Rev. Obras Públicas*. 1946. nº. 2773: págs. 211-219; nº. 2774: págs. 264-273.

CALVO, Ángel (1994): "Frank Pearson y la Barcelona Traction Light and Power". en A. SÁNCHEZ (dir.): Barcelona, 1888-1929. *Modernidad, ambición y conflictos en una ciudad soñada*, Madrid, Alianza Editorial, págs. 57-65.

CAPEL, H.: (Dir.) (1994): *Las Tres Chimeneas. Implantación industrial, cambio tecnológico y transformación de un espacio urbano barcelonés*, Barcelona, FECSA, 3 vols., 226 + 222 + 226 págs.

CAPEL, H. (1996) "El turismo industrial y el patrimonio histórico de la electricidad" En *Actas de las I Jornadas sobre Catalogación del Patrimonio Histórico. Hacia una integración disciplinar*, Sevilla 19 al 22 de abril de 1995. Sevilla, Instituto Andaluz del Patrimonio Histórico, págs. 170-195.

CARR, R. (1969): *España. 1808-1939*. Ariel. Esplugues de Llobregat. 734 págs.

CASTILLO RUBIO, M. (1964): "La presa bóveda de Valdecañas" En *Rev. Obras Públicas*, 112, nº 2988: págs. 315-334.

CASTILLO RUBIO, M. (1964): "El aprovechamiento hidroeléctrico del Tajo inferior y las centrales de bombeo". En *Rev. Obras Públicas,* 112, nª. 2988: págs. 349-362.

CASTILLO RUBIO, M. (1973): "Aprovechamiento hidroeléctrico del río Tajo en su tramo Sever-Alcántara: salto de Cedillo". En *Rev. Obras Públicas*, 120, nº. 3098: págs. 447-466.

CASTILLO RUBIO, M. y NAVALÓN GARCÍA, N. (1967): "La presa de Alcántara" En *Rev. Obras Públicas*, 115, nº. 3028: págs. 871-888.

CHAPA IMAZ, A. (1999): *La construcción de los Saltos del Duero, 1903-1970: Historia de una epopeya colectiva*. Pamplona: EUNSA. 510 págs.

CHAPA, A. (2001): *Los hechos Cien años de historia de Iberdrola*. Fundación Iberdrola. Madrid 270 págs.

CHÁVARRI PERÉZ, S. (2004): "La construcción de los saltos del Sil (1945-1960)". En *Sociología del Trabajo*, nº. 52. págs.95-126.

DÍAZ MORLÁN, P. (1998): "El proceso de creación de Saltos del Duero (1917-1935)". En *Revista de Historia Industrial*. 13. págs. 181-197.

FERNÁNDEZ ORDÓÑEZ, J. A. y otros (1986): *Catálogo de treinta Canales Españoles anteriores a 1900*. Madrid. Col Ing. Caminos, Canales y Puertos, y CEHOPU. 324 págs.

FRUTOS MEJÍAS, L. M. (1995). "Las Confederaciones Sindicales Hidrográficas (1926-1931)". En *Planificación hidráulica en España*. Murcia: Fundación Caja del Mediterráneo, págs. 181-256.

GALNARES DEL COSO, V. M., GARCÍA REDONDO, N. y GUTIÉRREZ ABAD, A. (1996): "La presa de Jándula y la canalización del Guadalquivir". En *Rev. Obras Públicas*. 143, nº. 3356: págs. 81-90.

GARCIA FARIA, P. (1913): "Aprovechamientos pertenecientes a la Energía Eléctrica de Cataluña". En *Rev. Obras Públicas*. Nº. 1964. págs 241-243; nº. 1973, págs. 349-352.

GARCIA FARIA, P. (1913): "Los grandes aprovechamientos hidroeléctricos de la provincia de Lérida". En *Rev. Obras Públicas*. nº. 1954. págs. 121-123.

GARCIA FARIA, P. (1913): "Aprovechamientos del río Noguera Pallaresa perteneciente a la compañía Riegos y Fuerzas del Ebro, sociedad anónima conocida en el país como la Canadiense". En *Rev. Obras Públicas*. nº. 1980. págs. 433-437; nº. 1981, págs.. 446-449

GARCÍA TAPIA, N. (1990): *Ingeniería y Arquitectura en el Renacimiento español*. Valladolid. Secretariado de Publicaciones de la Universidad. Caja Salamanca. 552 págs.

GIL OLCINA, A. (1999): "Los usos del agua en España: una perspectiva histórica". En *Los usos del agua en España*. Alicante. Caja de Ahorros del Mediterráneo e Instituto de Geografía de la Universidad de Alicante. pp. 13-48.

GIL OLCINA, A. (2002): "La polémica decimonónica sobre los pantanos". En *Estudios Geográficos*. nº. 248-249. 2002. Págs. 675-694.

GIL OLCINA, A (Coord.) (2004): *Alteración de los regímenes fluviales peninsulares*. Murcia. Fundación Cajamurcia. 684 págs.

GÓMEZ MENDOZA, J. (1992): "Regeneracionismo y Regadíos" En GIL OLCINA, A. y MORALES GIL, A. (Coord.): *Hitos históricos de los regadíos españoles*. Madrid. MAPA. Págs. 231-262.

GONZÁLEZ TASCÓN, I. (1987): *Fábricas hidráulicas españolas*. Madrid. MOPU (CEHOPU) y Ed. Turner. 534 págs.

HOZ, M de la, y RUIZ, J. (1977): "Situación actual y futura de la energía hidroeléctrica en España" En *Rev. Obras Públicas*. 124 nº. 3144: págs. 291-300.

JIMÉNEZ APARICIO, B. (1947): "Los pantanos de Entrepeñas y Buendía y su túnel de enlace". En *Rev. Obras Públicas*, 95, nº. 2782: págs. 57-67; nº. 2783: págs. 107-121; nº. 2784: págs. 147-160.

LÓPEZ GÓMEZ, A. (1954): "Grandes trabajos hidroeléctricos en Galicia". En *Estudios Geográficos*, nº 56. Pág. 463.

LÓPEZ GÓMEZ, A. (1998): *La navegación por el Tajo. El reconocimiento de Carduchi en 1641 y otros proyectos*. Madrid. Real Academia de la Historia. 218 págs.

LÓPEZ GÓMEZ, A. ARROYO ILERA, F. y CAMARERO BULLÓN, C. (1998): "Felipe II y el Tajo". En Martínez Millán, J. (dir): Felipe II (1527-1598). *Europa y la Monarquía Católica*. Madrid. Ed. Parteluz. T. II, Economía, Hacienda y Sociedad. pp. 501-525.

LLOBET, S. (1958): "La energía eléctrica en España". En *Estudios Geográficos*, nº. 71. págs. 221-240.

MALUQUER DE MOTES, J. (1987): "Cataluña y el País Vasco en la industria eléctrica española, 1901-1935". En GONZÁLEZ PORTILLA, M. MALUQUER DE MOTES, J. y RIQUER PERMANYER, B. de (eds.): *Industrialización y nacionalismo. Análisis comparativos*, Bellaterra, Servicio de Publicaciones de la Universidad Autónoma de Barcelona, págs. 239-252.

MALUQUER DE MOTES, J. (1992): "Los pioneros de la segunda revolución industrial en España: la Sociedad Española de Electricidad (1881-1894)". En *Revista de Historia Industrial,* 2, págs. 121-141.

MARTÍN RODRÍGUEZ, J. L. y OLLÉ ROMEU, J. Mª. (1961): *Orígenes de la industria eléctrica barcelonesa*, Barcelona, Ayuntamiento de Barcelona.

MOLINA IBÁÑEZ, M. (1983): La hidroelectricidad en España". En *Boletín de la Real Sociedad Geográfica*. Tomo. CXIX. Págs. 115-139.

MOLINA IBÁÑEZ, M. y MONTIEL, C. (2004): "Desarrollo y repercusiones del parque hidroeléctrico en los regímenes fluviales". En GIL OLCINA, A (coord..): *Alteración de los regímenes fluviales peninsulares*. Murcia. Fundación Cajamurcia. Págs. 177-196.

MONTANER GARCÍA, M.C. (1998): "Mapes topogràfics per als projectes hidroelèctrics a Catalunya (1890-1936)". En *Documents de Anàlis Geografic*. 32, págs. 161-174.

MORALES HORTELANO, A. y CASAS GÓMEZ, A. de las, (2003): "Presas y Patrimonio". En *Ingeniería y Territorio*. nº 62 págs. 64-71.

MURIEL HERNÁNDEZ, M. (2001): *Los hombres Cien años de historia de Iberdrola*. Fundación Iberdrola. Madrid 304 págs.

NADAL, F. (1994): "Energía Eléctrica de Cataluña y la hulla blanca de la Vall Fosca (1911-1925)". En CAPEL (dir.): *Las tres chimeneas,* Barcelona, FECSA. vol. II, págs. 83-123.

NAVALÓN GARCÍA, N. (1979): "La construcción del aprovechamiento hidroeléctrico de Cedillo". En *Rev. Obras Públicas* 126 nº. 3176: págs. 1105-1120.

NÚÑEZ ROMERO-BALMAS, G. (1995): "Empresas de producción y distribución de electricidad en España (1878-1953)". En *Revista de Historia Industrial*, 7, págs. 39-80.

ORTEGA CANTERO, N. (1992): " El Plan Nacional de Obras Hidráulicas". En GIL OLCINA, A. y MORALES GIL, A. (Coord.): *Hitos históricos de los regadíos españoles*. Madrid. MAPA. Págs. 335-364.

PÉREZ DEL PULGAR, J. A. *El sistema hidroeléctrico del Cinca*. Nuevas Gráficas Madrid. 1930.

ROLDÁN, S. y GARCÍA DELGADO, J.L. (1973): *La consolidación del capitalismo en España : 1914-1920*. Madrid : Confederación. Española de Cajas de Ahorros. 2 volms.

SÁNCHEZ I VILANOVA, Ll. (1992): *L'aventura hidroelèctrica de la Vall de Capdella*, Barcelona, FECSA, 224 págs.

El sector eléctrico a través de UNESA (1944-2004). (2005) Madrid. UNESA. Asociación Española de la Industria Eléctrica. 328 págs.

SINTES, F. y VIDAL, F. (1933), *La industria eléctrica en España*, Montaner y Simón, Barcelona.

SUDRIÀ I TRIAY, C. (1989): "L'energia: de l'alliberament hidroelèctric a la dependència petroliera". En NADAL, J., MALUQUER DE MOTES, J. Y SUDRIÀ, C.

(dirs.): *Història Econòmica de la Catalunya contemporània. S. XX: Població, agricultura y energia*, Barcelona, Enciclopèdia Catalana, págs. 209-293.

SUDRIÀ I TRIAY, C. (1990a), «La industria eléctrica y el desarrollo económico de España» en GARCÍA DELGADO, J. L (dir) *Electricidad y desarrollo económico. Perspectiva histórica de un siglo*, Oviedo. 320 págs.

SUDRIÀ, C. (1990b), "La electricidad en España antes de la Guerra Civil: una réplica", *Revista de Historia Económica,* 3, págs. 651-671.

TARRAUBELLA I MIRABET, F. Xavier (1990): "*La Canadenca al Pallars. Repercussions socio-econòmiques de la construcció de l'embassament de Sant Antoni a la Conca de Tremp (1910-1920)*". Lleida, Virgili i Pagès. 273 págs.

TORRES LUNA, P. de (1988): *Los embalses de Fenosa y la Geografía de Galicia en el centenario de Don Pedro Barrie de la Maza 1888-1988*. La Coruña. Fundación Barrie de la Maza. 182 págs.

URTEAGA, L: "El proceso de electrificación en Cataluña (1881-2000)" En TARRAGÓ, S. (ed): *Obras Públicas en Cataluña. Presente, pasado y futuro*. Barcelona, Real Academia de Ingeniería, 2003, págs. 355-376.

URRUTIA ZULUETA, J. (1918): *La energía hidroeléctrica de España. Antecedentes que deben tenerse en cuenta al redactar la nueva ley de aprovechamientos hidráulicos para la producción de energía*. Madrid. Sociedad Española de Artes Gráficas. Madrid. 1918.

URRUTIA ZULUETA, J. (1922): *Discursos pronunciados en el Senado por el Presidente de la Asociación de Productores y Distribuidores de Electricidad, Excmo. Señor don Juan Urrutia en defensa de la industria eléctrica en las sesiones celebradas en los días 28 de junio, 27 y 28 de octubrey 30 de noviembre de 1921*. Madrid. Sanz Calleja.

VELARDE FUENTES, J. (1990): "Ideología y sector eléctrico español". En GARCÍA DELGADO, J. L. (dir) *Electricidad y desarrollo económico. Perspectiva histórica de un siglo*, Oviedo. 320 págs.

VILAR, Pierre (1934): "L'utilisation hidroélectrique des fleuves espagnols". En *U.G.I. Congrès Internationale de Géographie*, Paris. 1931. París, Armand Colin, tomo III, págs. 591-607.

VV.AA. (1994), *Compañía Sevillana de Electricidad. Cien años de historia*. Sevillana de Electricidad, Sevilla. 388 págs.

1973, grandes presas Iberduero. Iberduero. Madrid. 1973. 214 págs.

LOS CONTRATOS DE CESIÓN DE DERECHOS AL USO DEL AGUA

Por
Antonio Alia Moral

1. ANTECEDENTES NORMATIVOS DEL MERCADO DE AGUAS.

La posibilidad legal de generar un mercado de agua en España fue introducida por la Ley 46/1999, de 13 de diciembre, que mediante una importante reforma de la LAg. 1985, pretendía, entre otros fines, el de "*potenciar la eficiencia en el empleo del agua*", permitiendo a los concesionarios perfeccionar entre sí negocios sobre sus derechos al uso del agua.

Así pues, manteniendo el carácter demanial[1] de todas las aguas consagrado por la LAg. 1985, el legislador de 1999 encontró, como solución de equilibrio para el establecimiento de un mercado de aguas, la necesidad de flexibilizar el régimen concesional a través de la introducción de dos nuevas instituciones jurídicas, el contrato de cesión de derechos al uso del agua, que "*permitirá optimizar socialmente los usos de un recurso tan escaso*" [2] y los centros de intercambio de derechos.

De este modo se introducen en nuestro ordenamiento jurídico de aguas, como importantísima novedad, ciertas posibilidades de entender el recurso "agua" como objeto de negocios; es decir, por vez primera se introducen características de mercado en el intercambio de derechos de uso sobre el recurso. Ello está en consonancia con las

---

[1] En España, la naturaleza demanial del agua viene establecida por Ley Ordinaria y no por la Constitución. Es el artículo 2 del TRLAg. 2001 el que enumera todos los bienes que constituyen el dominio público hidráulico mientras que el artículo 132 de la Constitución establece que la ley regulará los bienes de dominio público, (en general demaniales), inspirándose en los principios de inalienabilidad, imprescriptibilidad e inembargabilidad.

[2] Conforme Exposición de Motivos de la Ley 46/1999, de 13 de diciembre, de modificación de la Ley 29/1985, de 2 de agosto, de Aguas.

directrices del Libro Blanco del Agua de 1998, que entre otras, recogían la siguiente:

> *"adecuar los sistemas de adquisición de derechos privados al uso del agua a la situación actual de un recurso escaso cuyas nuevas demandas no pueden ser atendidas ilimitadamente como presuponía el sistema concesional, siendo necesario arbitrar mecanismos de transferencia entre usuarios, para optimizar socialmente los usos existentes".*

Ahora bien, la naturaleza jurídica del agua como bien de dominio público, junto con el sistema concesional de asignación originaria de derechos de uso, implicarán necesariamente una intensa intervención por parte de las diversas Administraciones Públicas en el desarrollo del posible mercado de aguas [3] que pueda generarse.

Antes de la reforma operada por la Ley 46/1999 de 13 de diciembre ya existían en la LAg. 1985 mecanismos a través de los cuales se podía operar, de forma unilateral o de forma negocial, sobre los derechos al uso privativo de las aguas. Esos mecanismos siguen vigentes en la actual TRLAg. 2001, en el artículo 55, que permite al Organismo de cuenca limitar el uso del dominio público hidráulico para garantizar su explotación racional, el artículo 58, que prevé medidas para superar situaciones excepcionales, el artículo 63, que regula la transmisión de los títulos concesionales, y el artículo 64, que regula la modificación de los mismos.

Pero ninguno de los mecanismos regulados por la LAg. 1985 constituían verdaderas actividades de mercado, ya que el agua no podía venderse ni cederse al estar considerada como un bien demanial; para poder operar con el recurso era necesario que la Administración, mediante la instrucción del oportuno expediente administrativo, autorizara un cambio en el destino de los caudales objeto de la concesión o la sustitución de los mismos. Por otro lado, la LAg. 1985 trataba económicamente el recurso como un bien ilimitado y gratuito, de tal modo que los "precios" que pagan los usuarios, -canon de regulación, tarifa de utilización y canon de vertido-, se establecían con la finalidad de "contribuir" a los costes de las obras hidráulicas necesarias para la puesta a disposición sin tener en cuenta el resto de los costes que el consumo del recurso genera.

---

[3] Esta intervención se justifica, con mucha intensidad en el sector del agua, mediante el reconocimiento constitucional (art.128 CE) de la subordinación de toda la riqueza del país, sea cual fuere su titularidad, al interés general.

Efectivamente, el Libro Blanco del Agua reconoce que las exacciones por la disponibilidad del agua no guardan relación con la escasez del recurso y, por tanto, no tienen en cuenta su valor económico, ni tampoco consideran la disposición a pagar por parte de los potenciales consumidores.

De este modo, los usuarios del agua se han acostumbrado a pagar por ella "precios" muy inferiores a sus costes, lo cual impide la generación y extensión de una conciencia del ahorro del recurso.

Así pues, podemos decir que al hablar de "mercado del agua" se produce una suerte de "choque conceptual" al pretender introducir elementos o mecanismos propios del mercado con referencia a un bien que tradicionalmente ha estado fuera del mismo; sin embargo, un mercado de aguas, en principio, puede cumplir dos funciones esenciales:

> 1ª, en primer lugar, facilita el intercambio entre dos particulares que obtienen de ese intercambio beneficios mutuos, y, bajo ciertos supuestos, beneficios también para el conjunto de la sociedad porque favorece una asignación más eficiente de los recursos, y muy especialmente, cuando estos recursos son tan escasos como el agua. Parece obvio que el uso que pueda hacer el comprador debe ser más eficiente que el del vendedor, máxime si se tiene en cuenta que el primero tiene que hacer frente a unos costes de transacción no despreciables, por lo que la rentabilidad a obtener por el adquirente empleando el agua debe ser potencialmente mayor que la que obtendría el vendedor.
>
> 2ª, la segunda función esencial del mercado consiste en la distribución de información sobre el valor relativo de los bienes escasos. Los mercados de aguas podrían ser un mecanismo eficaz para lograr que los recursos hídricos sean mejor valorados por los usuarios, teniendo en cuenta en cada caso las señales de escasez, y para conseguir un uso más eficiente de los mismos (LÓPEZ ORTIZ, 2005).

Según el profesor GARRIDO COLMENERO la reforma de la LAg. 1985 introducida por la Ley 46/1999 "se justifica en virtud de un argumento según el cual, dando por hecho que las aguas podrían ser empleadas más eficientemente, que la Ley de Aguas de 1985 no ha sido capaz de plantear suficientes estímulos para que los concesiona-

rios lo hagan, y que la Administración se ha mostrado carente de determinación para llevar a cabo cambios en las concesiones en virtud de lo establecido en el artículo 63, *es preciso abrir parcialmente la espita de las fuerzas del mercado para que la necesaria racionalidad y eficiencia en los usos se alcance mediante las iniciativas de los particulares*. (...) Dos son pues los pilares sobre los que descansa el argumento fundacional de la inclusión del artículo (61bis): de un lado, la aceptación clara y diáfana de la incapacidad, indeterminación o incompetencia de la Administración hidráulica para, empleando las facultades contempladas en la antigua ley, potenciar el uso racional de las aguas; y, de otro, la fe depositada en el mercado para lograr mejores resultados económicos que los que el sistema administrativo ha permitido" (GARRIDO COLMENERO, 2000).

2. REGULACIÓN VIGENTE DEL CONTRATO DE CESIÓN DE DERECHOS DE USO DE AGUA.

La regulación sobre el contrato de cesión y los centros de intercambio de derechos al uso del agua continua vigente en la actualidad en el TRLAg. 2001, dentro de la Sección 2ª del Capítulo III de su Título IV, que bajo la rúbrica "Cesión de derechos al uso privativo de las aguas" dedica los artículos 69 a 72 al contrato de cesión de derechos al uso del agua y a los centros de intercambio de derechos.

El desarrollo reglamentario de la Ley se encuentra en los artículos 343 a 355 RDPH, que fueron introducidos con la reforma del RDPH realizada por el Real Decreto 606/2003 de 23 de mayo.

El contrato de cesión es un mecanismo útil para la reasignación de los derechos de aprovechamiento del agua. Por imperativo legal derivado del carácter demanial de todas las aguas, esa reasignación de derechos debe ser temporal, de tal modo que las cesiones con finalidad reasignativa tendrán a lo sumo la duración del derecho concesional más corto del que sean titulares los intervinientes en la cesión.

El modelo de formación de precios vigente en España no favorece el ahorro del recurso, ya que los usuarios pagan una cantidad muy inferior a su coste; el contrato de cesión puede ser un mecanismo de formación de precios basado en el "coste de oportunidad" del recurso, según el cual, su destino final será necesariamente el de mayor valor añadido; con el contrato de cesión, la iniciativa (en ejercicio de su autonomía de la voluntad pero dentro de los límites a la misma esta-

blecidos por el Ordenamiento Jurídico) para la asignación (y reasignación) de los derechos de uso será de los propios intervinientes en el negocio jurídico de cesión, atomizando los intercambios, descentralizando[4] la decisión de asignación económica y generando el efecto, tan deseado por el Ordenamiento Jurídico de Aguas, de uso "eficiente" del recurso en perfecta armonía con las directrices propuestas en el Libro Blanco del Agua.

La profesora de la Universidad de Murcia, TERESA MARIA NAVARRO CABALLERO, mantiene la opinión de que el estudio de los nuevos instrumentos de reasignación de caudales (contratos de cesión y centros de intercambio) exige partir de una premisa fundamental de sobra constatada en la realidad: "la Administración, en los últimos veinte años, no ha hecho frente a las responsabilidades que sobre ella se hicieron recaer con la Ley de Aguas de 1985. En efecto, ni ha controlado ni registrado los derechos concesionales –al menos con el rigor que es exigible y deseable en este sector-, ni ha asumido las tareas de gestión de nuevos suministros, ni –hasta hace bien poco- había efectuado la planificación a nivel nacional de los recursos hídricos (NAVARRO CABALLERO, 2005).

Es un hecho palmario, continúa la profesora Navarro –citando de RIETA SÁNCHEZ-, que *la situación hidrológica actual exige actuaciones que tiendan a explotar nuevas fuentes de generación de oferta a partir de medidas de ahorro*. En la medida en que a nivel global el empleo del agua se sitúa en límites de disponibilidad y ante la constatación de que el crecimiento del recurso es limitado, al menos a corto plazo, se hace de todo punto necesario promover una política que fomente no sólo su ahorro sino también la eficiencia en el uso y la preservación de la calidad del recurso.

Para ello, es preciso superar progresivamente la actual economía expansionista del agua complementando la actuación exclusiva sobre la oferta –que persigue generar nuevos recursos a través de la construcción de obras hidráulicas- con otras actuaciones que persigan alcanzar el equilibrio entre las políticas de oferta y de demanda, mediante la contención de ésta última. En este sentido, los objetivos de una política de gestión de la demanda deben aumentar la percepción social de los problemas ambientales, cambiar el comportamiento de los consumidores finales, y, en su caso, de las gestoras del agua inculcan-

[4] Efectivamente, mediante los sistemas de reasignación a través de la iniciativa privada de los concesionarios o titulares de derechos, se descarga a la Administración de esta tarea.

do la preocupación por la eficiencia en el uso y la distribución de la misma, introducir incentivos al ahorro, el traslado de todos los costes a los usuarios y la combinación de mecanismos de regulación y de mercado (RIETA SÁNCHEZ, 2000).

En este contexto, *el contrato de cesión y los centros de intercambio de derechos al uso privativo del agua, como mecanismos de redistribución de caudales concedidos, se presentan como instrumentos que pretenden lograr la contención de su demanda y fomentar el ahorro* de los mencionados caudales.

Si el sistema de asignación originaria de derechos mediante el derecho concesional tiene entre sus finalidades básicas el procurar un uso del recurso deseado por la Ley, mediante el mercado, las decisiones individuales producirán una reasignación, que con el debido respeto a las cautelas establecidas legalmente, tendrán como destinos usos similares a los requeridos por la Ley y además añadirán beneficios tanto para la sociedad en su conjunto como para los intervinientes en las operaciones de reasignación.

Siguiendo al profesor ANDRÉS MOLINA JIMÉNEZ, es de sobra conocido que el fin último de un mercado de estas características es inducir una mayor eficiencia en el uso del agua, motivando al usuario a mejorar sus condiciones de explotación con el objeto de obtener un ahorro que permita generar un excedente comercializable. De esta manera se pretende alcanzar un uso más eficiente del agua que genere flujos de caudal a usos más lucrativos, provocando una reasignación no administrativa de derechos sobre el agua.

Desde esta óptica, el mercado del agua es un instrumento de gestión de la demanda en cuanto con él se incide en el fomento de políticas de ahorro del recurso. Digamos que el mercado tiene una doble relación con la escasez; de un lado, le sirve como fundamento, ya que el mercado se configura como una técnica que persigue el ahorro de caudales, en un entorno de limitación de recursos que precisa un uso más eficiente, pero al mismo tiempo aparece como presupuesto, ya que este tipo de mercado reverdece únicamente cuando existen demandantes de caudal dispuestos a adquirir el recurso a precios elevados, lo que no ocurriría en situaciones de abundancia o suficiencia razonable, en la que los usos concedidos estén adecuadamente dotados (MOLINA JIMÉNEZ, 2005).

3. MODELO DE NEGOCIOS DEL MERCADO DE AGUAS.

Al ser el agua un bien de dominio público, tan importante para la vida en primer lugar y para todos los sectores económicos, el diseño legal del modelo de mercado estará necesariamente muy intervenido por las administraciones públicas competentes, y su configuración estará sometida a las "rigideces" propias de un "sector estratégico" o básico.

Efectivamente, a pesar de la introducción en el Ordenamiento Jurídico de Aguas de ciertos mecanismos de mercado, principalmente en relación con la autonomía de la voluntad de los concesionarios o titulares de derechos al uso privativo de las aguas, se establecen una serie de limitaciones a la misma:

- el mercado está restringido a los concesionarios o titulares de derechos al uso del agua, lo que constituye una barrera de entrada al mercado,
- mediante el establecimiento de procedimientos de autorización e inscripción de los contratos de cesión, y en algún caso de informe por parte de la Administración,
- el respeto al orden de prelación de usos que corresponda,
- respecto de los volúmenes a ceder,
- respecto de la homogeneidad de los intervinientes en los contratos de cesión en cuanto al carácter consuntivo o no de su derecho de uso,
- respecto del establecimiento de obligaciones para los adquirentes (cesionarios), ya que tendrán que subrogarse en las obligaciones que corresponden al vendedor (cedente) con relación a los usos del agua,
- la posibilidad de limitar los precios,
- la obligatoria temporalidad de las cesiones,
- la posibilidad de la Administración de adquisición preferente de los caudales a ceder,
- la consideración de ciertas cautelas adicionales para el caso de cesiones intercomunitarias,
- respecto del uso de infraestructuras hidráulicas de titularidad del Organismo de cuenca.

Las limitaciones, rigideces y cautelas establecidas por el Ordenamiento Jurídico de Aguas proceden, por un lado, del modelo

concesional derivado de la demanialización de las aguas que se introdujo por la LAg. 1985, y, por otro, de los impactos negativos que pueden tener los intercambios de caudales desde el punto de vista ambiental y respecto de los usuarios no intervinientes en los contratos de cesión.

Tales limitaciones, rigideces y cautelas suponen en la práctica una enorme reducción de la autonomía de la voluntad de los concesionarios o titulares de derechos, (únicos sujetos habilitados por la Ley para intervenir en las operaciones de cesión), y la integración de los contratos de forma automática con una serie de obligaciones que nacen de la Ley al margen de la voluntad de las partes. Y, por otra parte, las exigencias legales implican la previa necesidad de un conocimiento del mercado (por ejemplo sobre posibles oferentes o demandantes, precios, modos y precios de transporte) que no existe en la realidad porque el "mercado" actual no genera la información básica que facilitaría su desarrollo (defecto que puede ser una las principales causas de que los contratos de cesión no se estén celebrando).

3.1 El objeto de negocios y sus relaciones con el sistema concesional de derechos de uso del agua.

El objeto del contrato de cesión de derechos debe ser, por imperativo legal, la totalidad o parte de los derechos de uso privativo de las aguas que, en el momento de celebrar el contrato, tiene un concesionario u otro titular de "algún derecho al uso privativo de las aguas".

Dado el carácter demanial del agua, lo que se transfiere mediante los negocios jurídicos relativos al agua, no es el "derecho concesional" del cedente [5], sino el derecho al aprovechamiento del recurso que es contenido de la concesión. Justamente este es el mecanismo negocial que permite a los titulares de derechos el reasignar el recurso mediante decisiones individuales.

Así se desprende del artículo 67 TRLAg. 2001, que en su apartado primero establece que "*los concesionarios o titulares de algún derecho al uso privativo de las aguas podrán ceder con carácter temporal a otro concesionario o titular de derecho de igual o mayor rango según*

[5] El artículo 63 TRLAg. 2001, desarrollado por los artículos 103 y 143 a 155 RDPH, regula supuestos de transmisión o constitución de gravámenes sobre la concesión bajo ciertas condiciones, pero tales operaciones constituyen negocios jurídicos distintos del contrato de cesión objeto de este estudio.

el orden de preferencia establecido en el Plan Hidrológico de la cuenca correspondiente o, en su defecto, en el artículo 60 de la presente Ley, previa autorización administrativa, la totalidad o parte de los derechos de uso que les correspondan".

El segundo párrafo del apartado primero del artículo 67, limita el contenido del contrato de cesión de derechos, estableciendo para el mismo un requisito respecto del destino de las aguas cedidas, según el cual "*los concesionarios o titulares de derechos de usos privativos de carácter no consuntivo no podrán ceder sus derechos para usos que no tengan tal consideración*" [6].

El destino de las aguas objeto de la cesión tiene una importancia capital para el perfeccionamiento del contrato ya que exige un absoluto respeto al orden de preferencias de usos establecido con carácter principal en el Plan Hidrológico de la Cuenca correspondiente, o, en su defecto, el establecido en el artículo 60 TRLAg. 2001.

El artículo 60.3 TRLAg. 2001, dispone que a falta del orden de preferencia establecido en el Plan Hidrológico de cuenca, regirá con carácter general el siguiente:

1º, Abastecimiento de población, incluyendo en su dotación la necesaria para industrias de poco consumo de agua situadas en los núcleos de población y conectadas a la red municipal.
2º, Regadíos y usos agrarios.
3º, Usos industriales para producción de energía eléctrica.
4º, Otros usos industriales no incluidos en los apartados anteriores.
5º, Acuicultura.
6º, Usos recreativos.
7º, Navegación y transporte acuático.
8º, Otros aprovechamientos.

En cualquier caso, el orden de preferencias que se establezca en los Planes Hidrológicos de cuenca, deberá respetar la supremacía del uso de abastecimiento a poblaciones tal como se establece en el apartado 1º.

En previsión de situaciones de extrema escasez, el requisito de la preferencia de usos puede obviarse, previa autorización del Ministerio de Medio Ambiente que se otorgará caso por caso de forma expresa y con carácter excepcional. Para el año 2010 se ha hecho uso legal de

[6] Esta limitación va dirigida a limitar la intervención en los contratos de cesión de las empresas eléctricas entre sí.

esta previsión en el Real Decreto-Ley 14/2009 de 4 de diciembre, cuyo artículo 4 establece que el titular del Ministerio de Medio Ambiente, y Medio Rural y Marino, podrá autorizar, con carácter temporal y excepcional, cesiones de derechos de uso del agua que no respeten el orden de preferencia definido en los planes hidrológicos o en el artículo 60.3 TRLAg. 2001, respetando en todo caso la supremacía del uso para abastecimiento de poblaciones. La vigencia de esta previsión se extiende en el tiempo hasta el 30 de noviembre de 2010.

El objeto del contrato de cesión se perfila aun más con la regulación contenida en el artículo 69 TRLAg. 2001 que establece un requisito cuantitativo respecto de la cantidad de agua que puede ser objeto de la cesión, según el cual "*el volumen anual susceptible de cesión en ningún caso podrá superar al realmente utilizado por el cedente. Reglamentariamente se establecerán las normas para el cálculo de dicho volumen anual, tomando como referencia el valor medio del caudal realmente utilizado durante la serie de años que se determinen, corregido, en su caso, conforme a la dotación objetivo que fije el Plan Hidrológico de cuenca y el buen uso del agua, sin que en ningún caso pueda cederse un caudal superior al concedido*".

Como vemos, el TRLAg. 2001 introduce una limitación, bastante indeterminada y subjetiva, para la cantidad de agua que puede ser objeto de cesión por el cedente, pero no establece limitación alguna para la cantidad que puede "adquirir" el cesionario. Hemos de recurrir al desarrollo reglamentario del artículo 345 RDPH, según el cual el volumen anual susceptible de cesión se calculará atendiendo a los siguientes criterios:

a) Se tendrán en cuenta los valores del volumen realmente utilizado durante los cinco últimos años.

b) El valor resultante podrá ser corregido, en su caso, atendiendo a la dotación objetivo que fije el plan hidrológico de cuenca, los retornos que procedan, las circunstancias hidrológicas extremas y el respeto a los caudales medioambientales establecidos o, en su defecto, al buen uso del agua.

   En ningún caso al volumen susceptible de cesión podrá ser superior al que resulte de los acuerdos que adopte el Organismo de cuenca en función de la situación hidrológica de cada año.

Una de las críticas más extendidas que se han formulado contra la introducción de mercados de aguas en el marco de nuestro sistema

concesional de asignación originaria de derechos, es la posible pérdida de la concesión por caducidad producida por la falta de uso de los caudales concedidos. Sin embargo, el temor de los concesionarios a perder su concesión por caducidad, debe disiparse a la vista de lo establecido en el apartado segundo del artículo 69 TRLAg. 2001, según el cual "l*os caudales que sean objeto de cesión se computarán como de uso efectivo de la concesión a los efectos de evitar la posible caducidad del título concesional del cedente*".

Evidentemente, el cedente del derecho al uso privativo de las aguas, actuará en el mercado movido por su propio interés económico exigiendo un precio por la cesión temporal de todos o parte de los caudales que tenga asignados. El precio objeto del contrato de cesión, en principio es de libre fijación por las partes intervinientes en el contrato, pero podrá limitarse en su nivel máximo por el Gobierno mediante su potestad reglamentaria. En efecto, el precio de la cesión está regulado en el tercer y último apartado del artículo 69 TRLAg. 2001, que establece que "*la cesión de derechos de uso del agua podrá conllevar una compensación económica que se fijará de mutuo acuerdo entre los contratantes y deberá explicitarse en el contrato. Reglamentariamente podrá establecerse el importe máximo de dicha compensación*".

En concreto, será el Ministro de Medio Ambiente quien, atendiendo a la situación del mercado y a sus desviaciones, podrá establecer ese importe máximo de la compensación mediante norma reglamentaria.

Pero debido a la persistente sequía que afecta negativamente a las reservas de aguas superficiales embalsadas desde hace años, el Gobierno, mediante el instrumento normativo del Real Decreto-Ley, que requiere "extraordinaria y urgente necesidad" [7], habilita a los titulares de derechos al uso del agua adscritos a las zonas regables de iniciativa pública (que representan alrededor del 80% de la totalidad de los recursos superficiales existentes), a celebrar contratos de cesión de derechos al uso del agua.

Esta previsión, que se refiere principalmente a las zonas servidas con el Tajo-Segura, y a la Mancomunidad de los Canales del Taibilla, requiere previo informe del Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación.

Así pues, el Gobierno, mediante Real Decreto-Ley 15/2005, de 16 de diciembre, de Medidas Urgentes para la regulación de las transac-

[7] Conforme artículo 86 CE.

ciones de derechos al aprovechamiento de agua, tiene, como primer objetivo, "*habilitar a los titulares de derechos de uso al uso del agua pertenecientes a las zonas regables de iniciativa pública para la celebración de los contratos de cesión de derechos de uso del agua a que se refiere el artículo 67.1 del Texto Refundido de la Ley de Aguas*".

El citado artículo 67.1 TRLag. es el que determina la posibilidad de otorgar los contratos de cesión a los "*concesionarios y otros titulares de algún derecho al uso privativo de las aguas*", y el Real Decreto-Ley 15/2005 cita el RDPH el cual, restringe la posibilidad de celebrar dichos contratos[8], a "*los concesionarios de aguas superficiales y subterráneas y a los titulares de aprovechamientos temporales de aguas privadas inscritos en el Registro de Aguas conforme a las disposiciones transitorias segunda y tercera del Texto Refundido de la Ley de Aguas*".

Por tanto, y dado que los títulos que poseen los usuarios de las zonas regables de iniciativa pública no pueden encuadrarse estrictamente[9] en ninguna de las dos categorías que menciona el RDPH, es necesario especificar el ámbito de aplicación del artículo 67.1 TRLAg. 2001 con el fin de habilitar a dichos titulares para ser parte en los contratos de cesión, tanto en calidad de cedentes como de cesionarios.

En concordancia con todo lo dicho, y puesto que se entiende equivalente el título referido a la concesión, el Real Decreto-Ley 15/2005 declara el carácter inscribible de dichos títulos en los correspondientes Registros de Aguas, que, como veremos más adelante, es condición indispensable para la celebración de los contratos de cesión.

Dada la gran importancia cuantitativa de los volúmenes de agua cuyos derechos de uso son susceptibles de ser objeto de los contratos de cesión regulados en el artículo 67.1 TRLAg. 2001, y que son incorporados al mercado mediante la equiparación de las titularidades y la posibilidad de inscripción de los derechos operada por el Real Decreto-Ley 15/2005, conviene, reproducir a continuación las razones (de extraordinaria y urgente necesidad) del Gobierno expresadas en la Exposición de Motivos de la mencionada disposición:

> " (...) Ante esta situación, se hace imprescindible en la fecha actual permitir que sea una realidad la posibilidad de llevar a cabo transacciones de derechos del uso del agua. Aunque el volumen de transacciones previsto no es muy elevado, su importancia puede

[8] Conforme artículo 343.2 RDPH.

[9] Los títulos de los usuarios de las zonas regables de interés nacional son títulos administrativos "sui generis" derivados de la legislación sobre reforma y desarrollo agrario.

convertirse en crítica ante la crónica insuficiencia de recursos que han venido padeciendo en los últimos meses las zonas potencialmente receptoras de las transacciones.

Con la legislación actualmente vigente las transacciones que pueden llevarse a cabo resultan insuficientes; por ello, resulta crucial abrir la posibilidad de que las mismas puedan ser celebradas por los titulares de derechos al uso de agua de las Zonas Regables de Interés Nacional, ya que los caudales de los que disfrutan se acercan al 80% de la totalidad de los recursos superficiales existentes.

Al mismo tiempo, y puesto que las zonas potencialmente cedentes y cesionarias están situadas en áreas geográficas pertenecientes a ámbitos distintos de planificación hidrológica, resulta esencial que las transacciones puedan realizarse a través de las infraestructuras de conexión intercuencas, ya que, en caso contrario, los costes de transporte del agua las harían económicamente inviables (...)".

El Real Decreto-Ley 15/2005 de 16 de diciembre, tenía una vigencia temporal de aproximadamente un año, hasta el 30 de noviembre de 2006, pero similares razones de extraordinaria y urgente necesidad han obligado al Gobierno a prorrogar la misma, si bien de año en año, mediante sucesivos Reales Decretos-Leyes, hasta el 30 de noviembre de 2009.[10]

El Real Decreto-Ley 14/2009, de 4 de diciembre, por el que se adoptan medidas urgentes para paliar los efectos producidos por la sequía en determinadas cuencas hidrográficas, contiene una nueva prórroga (aunque no lo diga expresamente) de las medidas urgentes analizadas anteriormente con alguna novedad. En su exposición de motivos reproduce básicamente lo dicho en las exposiciones de motivos de los Reales Decretos-Ley anteriores para los periodos hidrológicos 2004/2005, 2005/2006 y 2006/2007, e incluye un análisis del período 2007/2008 en los siguientes términos:

"En el año hidrológico 2007-2008 la precipitación media estuvo marcada por la escasez, por lo que no fue suficiente en algunas cuencas para solventar el déficit acumulado en los años anteriores. Este déficit de precipitaciones fue más acusado en las cuencas del Guadalquivir y del Segura."

[10] Así se dictaron los Reales Decretos-Ley 9/2006, de 15 de septiembre para el año 2007, el 9/2007, de 5 de octubre, para 2008, y el 8/2008, de 24 de octubre, para el 2009.

La Exposición de Motivos del Real Decreto-Ley 14/2009, de 4 de diciembre, continua con un análisis del año hidrológico 2008/2009 concluyendo con la necesidad de introducir medidas específicas para gestionar de una manera eficiente durante el periodo de sequía los sistemas de explotación afectados por la escasez, y destaca, para el año hidrológico 2009/2010, que "l*a situación más desfavorable se presenta en las cuencas de los ríos Tajo, Segura y Júcar, con reservas globales del orden de apenas el 25 por ciento, pero también en áreas significativas de las cuencas del Duero, Guadiana, Guadalquivir y Ebro, con un nivel ciertamente preocupante de las reservas*".

Entre las medidas introducidas por el real Decreto-Ley 14/2009, de 4 de diciembre, está la "regulación de las transacciones de derechos de aprovechamiento de agua" (artículo 1.1.2º), con base nuevamente en los efectos beneficiosos de estos intercambios tal como se expresa en su Exposición de Motivos:

> "En los últimos años se han puesto en marcha experiencias muy positivas para paliar los daños de la sequía mediante la autorización, por una norma con rango legal, del intercambio de derechos de agua entre usuarios de diferentes cuencas, de manera que las cuencas excedentarias pueden aportar recursos adicionales a las zonas deficitarias, con la consiguiente compensación económica a los cedentes. *Las experiencias obtenidas en los últimos años acreditan el efecto beneficioso de estos intercambios para las dos partes sin que se hayan manifestado efectos adversos*. En consecuencia también se propone la aplicación de este tipo de medidas en la presente normativa."

Otra medida del citado Real Decreto-Ley 14/2009 incluye la posibilidad de contratar los derechos al aprovechamiento de agua que pudieran derivarse de los volúmenes señalados en la disposición adicional primera de la Ley 52/1980, de 16 de octubre, de Régimen Económico de Explotación del Acueducto Tajo-Segura, con sujeción a los términos, condiciones y limitaciones establecidas en dicha norma y en las restantes disposiciones reguladoras del trasvase y, en particular, a los acuerdos que adopte la Comisión Central de Explotación del acueducto y, en su caso, el Consejo de Ministros, respecto de las decisiones concretas de trasvase.

Se considerarán asimismo incluidos en el ámbito de aplicación del Real Decreto-Ley 14/2009 los derechos al aprovechamiento de agua

derivados de la Ley de 27 de abril de 1946, por la que se reorganiza la Mancomunidad de los Canales del Taibilla, en los términos y condiciones establecidas en dicha norma y en la restante legislación aplicable.

3.2 Intervinientes en los contratos de transmisión de derechos.

Las partes intervinientes en los contratos de cesión han de ser necesariamente *concesionarios o titulares de algún derecho al uso privativo de las aguas*, conforme los artículos 67 TRLAg. 2001 y 343 RDPH.

Además, el cesionario ha de tener un derecho de igual o mayor rango que el del cedente, según el orden de preferencia establecido en el Plan Hidrológico de la cuenca correspondiente, o, en su defecto, en el art. 60 TRLAg. 2001.

Concretamente, los sujetos que pueden intervenir en los contratos de cesión son los siguientes:

a) Los *concesionarios de aguas superficiales y subterráneas*.

b) Los *titulares de aprovechamientos temporales de aguas privadas inscritos en el Registro de Aguas* conforme a las disposiciones transitorias segunda y tercera del TRLAg. 2001. Estos son:

   a. Los *titulares de derechos sobre aguas privadas procedentes de manantiales*, derivados de la Ley de 13 de junio de 1879, que hubieran obtenido su inclusión en el Registro de Aguas como aprovechamiento temporal de aguas privadas. El régimen de estos derechos será respetado por un plazo de cincuenta años a contar desde el 1 de enero de 1986.

   b. Los *titulares de derechos sobre aguas privadas procedentes de pozos o galerías*, derivados de la Ley de 13 de junio de 1879, inscritos en el Registro de Aguas conforme a la disposición transitoria tercera de la LAg. 1985. Estos aprovechamientos serán respetados por la Administración durante un plazo de cincuenta años a contar desde el 1 de enero de 1986, en lo que se refiere al régimen de explotación de los caudales, y derecho preferente para la obtención de la correspondiente concesión administrativa de conformidad con lo previsto en la citada Ley.

c) Los *titulares de derechos incluidos en el Catálogo de Aprovechamiento de Aguas Privadas* solo si transforman su derecho en una concesión de aguas públicas y lo inscriben en el correspondiente Registro de Aguas.

d) A los intervienientes anteriores (que son los contemplados en los artículos 67 TRLAg. 2001 y 343 RDPH), hay que añadir los *titulares de derechos de uso de agua de las Zonas Regables de Interés Nacional, adición operada por el ya estudiado Real Decreto-Ley 15/2005*, de 16 de diciembre, y las sucesivas prórrogas del mismo efectuadas por medio del mismo tipo de instrumento normativo.

   Por su parte, el Real Decreto-Ley 14/2009, de 4 de diciembre, en su artículo 10, establece que podrán celebrar los contratos de cesión los titulares de derechos al uso del agua adscritos a las zonas regables de iniciativa pública cuyas dotaciones brutas máximas figuren en los Planes Hidrológicos de Cuenca. Los títulos jurídicos de derechos al uso de agua de los mismos se considerarán incluidos en el ámbito del artículo 190 RDPH a los efectos de su inscripción en el Registro de Aguas.

e) Las *comunidades de usuarios* pueden ser intervinientes en los contratos de cesión pero además, como veremos más adelante, tendrán que tener conocimiento y podrán formular alegaciones a los contratos que se celebren por sus miembros.

   Sobre las comunidades de usuarios, el RDPH hace dos importantes precisiones [11]:

   a. Los acuerdos entre usuarios de una misma comunidad constituida con arreglo al artículo 81 TRLAg. 2001, celebrados para la utilización del agua asignada a cada uno de ellos como miembros de la comunidad concesionaria, se consideran actos internos, si a ello no se opusieran las ordenanzas y estatutos de la propia comunidad, y no están sujetos a lo establecido en las disposiciones reguladoras del contrato de cesión de derechos al uso privativo de las aguas públicas [12].

[11] Artículo 343.5 y 6 RDPH.

[12] Son las comunidades de usuarios que obligatoriamente deben constituir los usuarios del agua y otros bienes del dominio público hidráulico de una misma toma o concesión. Si el destino de las aguas fuese el riego se denominarán comunidades de regantes.

b. En las comunidades de usuarios constituidas con arreglo a los artículos 87 y 88 del TRLAg. 2001, son titulares de derechos cada uno de los usuarios que tenga inscrito su derecho en el registro de Aguas [13].

La anterior constituye la delimitación positiva de los posibles sujetos intervinientes en los contratos de cesión de derechos de uso, pero la normativa de aguas excluye a determinados sujetos:

- No pueden celebrar el contrato de cesión los titulares de concesiones o autorizaciones concedidas en precario,
- Tampoco pueden celebrar el contrato los órganos de la Administración Central o de las Comunidades Autónomas titulares de las autorizaciones especiales a que se refiere el artículo 59.5 TRLAg. 2001. [14]

Respecto del contenido de las concesiones o derechos de los posibles intervinientes, éste debe ser del mismo tipo en cuanto al destino del recurso, consuntivo o no. De este modo, el TRLAg. 2001 salvaguarda el cumplimiento del contenido de las concesiones de derechos de uso, en relación con el destino otorgado a las aguas, impidiendo que el contrato de cesión se celebre entre titulares de derechos de usos o aprovechamiento con distintas finalidades en cuanto a la consunción del recurso.

Ello está en la línea del principio del derecho administrativo según el cual el dominio público es únicamente aprovechable en los términos en que ha sido concedido, y los derechos sobre él son indisponibles; de este modo la posibilidad de disponer sobre las dotaciones constituye una suerte de excepción al principio general razón por la que se regula con las limitaciones, cautelas y restricciones descritas anteriormente.

El derecho del comprador (que tendrá la posición jurídica de cesionario en el contrato de cesión) debe ser, además, del mismo rango, o superior, del que tiene el vendedor (que tendrá la posición jurídica de cedente). El rango, u orden de prelación de usos del recurso, debe ser el establecido por el Plan Hidrológico de la cuenca del vendedor-cedente. En el caso de que el Plan Hidrológico correspondiente omita

[13] Estas son las comunidades de usuarios de unidades hidrogeológicas y de acuíferos, y las comunidades de aprovechamiento conjunto de aguas superficiales y subterráneas.

[14] Según el artículo 59.5 TRLAG. 2001, los órganos de la Administración Central o de las Comunidades Autónomas podrán acceder a la utilización de las aguas previa autorización especial.

la regulación de la prelación o preferencia de usos, será de aplicación el orden del artículo 60 TRLAg. 2001.

Según los apartados 3 y 4 del artículo 67 TRLAg. 2001, los adquirentes de los derechos dimanantes de la cesión se subrogarán en las obligaciones que correspondan al cedente ante el Organismo de cuenca respecto al uso del agua. El incumplimiento de los requisitos establecidos en los artículos 67 a 72 TRLAg. 2001, será causa para acordar la caducidad del derecho concesional del cedente.

Ambas figuras jurídicas, subrogación y caducidad, son resultado de la aplicación del principio de planificación hidrológica en el ordenamiento jurídico de aguas con la finalidad de establecer cautelas a la reasignación por los concesionarios de derechos de uso del recurso mediante los contratos de cesión. Es decir, al constituir el contrato de cesión una posibilidad de reasignación no administrativa (no pública) de los derechos de uso, su régimen jurídico queda imperativamente dentro de unos márgenes constituidos básicamente por la normativa contenida en los Planes Hidrológicos de Cuenca.

Respecto de la posibilidad de acordar por la Administración la caducidad del derecho concesional del cedente, debido al incumplimiento de alguno de los requisitos establecidos por los artículos 67 a 72 TRLAg. 2001, entendemos que es una sanción desproporcionada por cuanto la Administración puede sencillamente denegar la autorización al contrato de cesión o, mejor aún, requerir a los intervinientes para la subsanación de los defectos.

En cualquier caso, los motivos para acordar la caducidad del derecho concesional por incumplimiento de alguno de los requisitos establecidos en los artículos 67 a 72 TRLAg. 2001, serían coincidentes básicamente con el incumplimiento de los requisitos que en cuanto a la forma y contenido de los contratos de cesión se regula en esos preceptos legales. Tales motivos, pues, son los siguientes:

a) Incumplimiento del requisito de la temporalidad de la cesión.
b) La cesión se efectúa a un concesionario o titular de derechos de menor rango o preferencia, salvo que exista autorización.
c) La cesión de usos consuntivos del recurso a usos no consuntivos (o viceversa).
d) El contrato de cesión no se formaliza por escrito.
e) La falta de identificación de los predios que se regarán con menor dotación o que se dejarán de regar.

f) La falta de identificación de los predios que el adquirente regará con el derecho de uso adquirido.
g) El volumen que se cede supera el caudal realmente utilizado anualmente por el cedente.
h) El precio fijado por la cesión supera el límite máximo que se establezca reglamentariamente.
i) Inexistencia de acuerdo para el uso de instalaciones de terceros.
j) Inexistencia de solicitud, en su caso, de uso de infraestructuras públicas.
k) Inexistencia, en caso de necesidad de obras nuevas, de los documentos técnicos que definan las nuevas instalaciones que deberán construirse para materializar físicamente las transferencias.
l) Ausencia del informe de la autoridad sanitaria sobre la idoneidad del agua cuando la misma se destine al abastecimiento de poblaciones.

A la vista de todo lo anterior, recapitulando, encontramos los siguientes requisitos respecto de los intervinientes en el contrato de cesión de derechos de uso privativo de aguas:

- Las partes contratantes han de ser concesionarios o titulares de algún derecho al uso privativo de las aguas,
- El comprador debe ser un concesionario o titular de un derecho de igual o mayor rango que el derecho del vendedor. El orden de preferencia de los usos de las aguas ha de venir determinado en el Plan Hidrológico de la cuenca correspondiente (que aunque el TRlag. 2001 no lo dice expresamente, lógicamente será la del vendedor). Si el Plan Hidrológico de la cuenca correspondiente no ha establecido el orden de preferencia de los usos, se aplicará el orden establecido por el TRlag. 2001 en su artículo 60,
- La venta se debe hacer con carácter temporal, lo que técnicamente convierte al contrato de cesión en una suerte de arrendamiento del derecho de uso o aprovechamiento de las aguas,
- El contrato de cesión debe contar con una autorización administrativa previa,
- El vendedor puede ceder la totalidad o parte de los derechos de uso que le corresponden,
- Las partes en el contrato de cesión deben tener un derecho de uso privativo del mismo contenido ya sea este consuntivo o no consuntivo del recurso.

3.3 Forma jurídica, contenido y eficacia del contrato de transmisión de derechos de uso de las aguas.

3.3.1 Forma y naturaleza jurídica de los contratos de cesión.

Los contratos de cesión de derechos al uso *deberán formalizarse por escrito* según el artículo 68 TRLAg. 2001, estableciendo una excepción al principio de libertad de forma, que constituye el régimen general establecido en el Código Civil según el cual los contratos serán obligatorios, cualquiera que sea la forma en que se hayan celebrado, siempre que en ellos concurran las condiciones esenciales para su validez [15].

El TRLAg. 2001 configura así el contrato de cesión como un *contrato formal*, en el que la formalización por escrito es condición esencial para la existencia del mismo pero no suficiente para que produzca efectos, ya que debe ser autorizado posteriormente por el Organismo de cuenca o, en su caso, el MAM.

Es dudoso que el TRLAg. 2001 haya querido que las partes formalicen obligatoriamente el contrato de cesión en escritura pública, ya que de ser así lo habría dispuesto expresamente. Sin embargo, en aplicación del Código Civil pueden surgir dudas en este sentido, ya que su artículo 1.278 impone la escritura pública para los actos y contratos que tengan por objeto la creación, transmisión, modificación o extinción de derechos reales sobre bienes inmuebles, y para los arrendamientos de estos mismos bienes por seis o más años, siempre que deban perjudicar a terceros.

Así pues, dada la regulación el contrato de cesión de derechos, con una clara analogía con el contrato de arrendamiento, podríamos concluir que aquellas cesiones cuyo ámbito temporal exceda de los seis años, deberían formalizarse en escritura pública. Y de hecho, ello va a ser necesario si los intervinientes desean inscribir la cesión en el Registro de la Propiedad ya que el principio del "documento público" registral, obligará a cubrir dicha solemnidad por las partes para poder proceder a su inscripción, o a la Administración competente a expedir el necesario "documento auténtico" [16] que haga fe del derecho que se pretende inscribir.

---

[15] Conforme artículo 1.278 Código Civil.

[16] Conforme artículo 3 de la Ley Hipotecaria y 31 y 33 del Reglamento Hipotecario.

En cualquier caso, salvo en supuestos en que expresamente la ley exige la formalización en escritura pública, en el Ordenamiento Jurídico español dicha formalización no constituye un requisito para la validez del contrato, de manera que tan efectivo y vinculante entre las partes resulta el negocio formalizado en escritura privada como en escritura pública.

Por otra parte, desde el punto de vista del Derecho Civil, el contrato de cesión de derechos del uso del agua encaja dentro de las categorías de los denominados contratos "restringidos" y contratos "reglamentados".

Es un *contrato restringido* porque reduce la libertad de contratar limitándola a ciertas personas o entidades y además somete la producción de efectos del mismo a la preceptiva autorización de los poderes públicos. Así pues, en el contrato de cesión de derechos se imponen límites o restricciones a la autonomía de la voluntad por virtud de normas administrativas.

Es además un *contrato reglamentado*, porque las restricciones a la autonomía de la voluntad de las partes intervinientes, se imponen por las administraciones públicas al predeterminar de forma imperativa ciertas condiciones contractuales.

En consecuencia, la pertenencia del contrato de cesión a estas categorías, implica que las cesiones se regirán por preceptos públicos (básicamente las normas de derecho imperativo contenidas en el TRLAg. 2001 y sus desarrollos que imponen muchos contenidos y límites a las cesiones) y también se regirán por las estipulaciones de las partes intervinientes, aunque con muy poco margen para la autonomía de la voluntad de las mismas debido a la gran intervención administrativa.

3.3.2 Contenido de los contratos de cesión.

Según la dogmática del derecho privado, las partes contratantes se rigen por el principio de libertad contractual que a su vez constituye un principio general del derecho. Como limitaciones a esa libertad contractual el Código Civil únicamente contempla las contenidas en las leyes, la moral y el orden público. [17]

En este sentido ya hemos visto las restricciones reguladas por el TRLAg. 2001 relativas a las condiciones que deben reunir los intervi-

[17] Conforme artículo 1.255 Código Civil.

nientes, la reglamentación sobre lo que puede ser el objeto del contrato y su conexión con el destino o los usos otorgados al agua por los derechos concesionales, y por último la forma externa del contrato.

El desarrollo reglamentario del TRLAg. 2001, introducido por el Real Decreto 606/2003, ha afinado aún más el contenido de los contratos de cesión los cuales deben contemplar, como mínimo, los siguientes extremos[18]:

1. Identificación de los contratantes.
2. Concesión administrativa o título jurídico en virtud del cual cada parte ha adquirido el derecho a usar privativamente las aguas objeto del contrato, debidamente inscritos en el Registro de Aguas.
3. Volumen anual susceptible de cesión y apreciación del volumen susceptible de reutilización.
4. Compensación económica que, en su caso, se establezca.
5. Uso al que se va a destinar el caudal cedido.
6. En el caso de cesiones entre usuarios de agua para riego, la identificación expresa de los predios que el cedente renuncia a regar o se compromete a regar con menos dotación durante la vigencia del contrato, así como la de los predios que regará el adquirente con el caudal cedido.
7. Período al que se refiere el contrato de cesión.
8. Instalaciones o infraestructuras hidráulicas necesarias para la realización material de la cesión.

Aunque no recogidos en el texto del reglamento, es evidente que el contrato deberá contener, además, la fecha de celebración y la firma de los intervinientes.

Con relación a todos aquellos aspectos no regulados expresamente por las partes y que no se integren en el contenido obligacional por virtud de la intervención administrativa, será de aplicación subsidiaria el Código Civil por expresa remisión de la disposición final primera del TRLAg. 2001.

Por otra parte, el contrato genera ciertas obligaciones para las partes intervinientes al margen de su voluntad, cuyo conocimiento resulta de gran importancia para todos aquellos concesionarios o titulares de derechos que pretendan celebrar contratos de cesión.

---

[18] Conforme artículo 344 RDPH.

Tales obligaciones nacidas de la ley son, principalmente, las relacionadas con la imperativa subrogación del cesionario en las obligaciones del cedente, con la necesaria aceptación del volumen máximo de caudales objeto de la cesión que puede establecer la Administración competente para autorizar el contrato y con la posibilidad de limitación del precio máximo de la cesión.

El artículo 68.3 TRLAg. 2001 obliga al adquirente de los derechos dimanantes de la cesión a subrogarse en las obligaciones que correspondan al cedente ante el Organismo de cuenca respecto al uso del agua. Como contrapartida, según el artículo 69.2 del mismo, los caudales que sean objeto de la cesión se computarán como de uso efectivo de la concesión a los efectos de evitar la posible caducidad del título concesional del cedente.

De la interpretación conjunta de las normas anteriores concluimos que la finalidad de las mismas es evitar la adquisición de derechos que no conlleven un uso efectivo de los caudales adquiridos conforme a las determinaciones del Organismo de cuenca y, al mismo tiempo, facilitar las cesiones que sí cumplen los requerimientos en cuanto a la finalidad de uso de los caudales impidiendo la caducidad del derecho concesional del cedente por la interrupción permanente de la explotación durante tres años consecutivos regulada en el artículo 66.2 TRLAg. 2001. [19]

Respecto del caudal objeto de la cesión, a nivel reglamentario se ha autorizado al Organismo de cuenca para introducir una modificación en el contrato de cesión a través de la resolución por la que se autorice el mismo, en la que debe establecer el volumen máximo anual susceptible de cesión [20], que puede coincidir o no con lo querido por las partes intervinientes, así como la obligación de instalar un contador homologado que mida el caudal realmente cedido.

Esta regulación reglamentaria parece dispuesta para las autorizaciones expresas, ya que en las autorizaciones tácitas (aquellas producidas por silencio administrativo de carácter positivo), es de suponer que el Organismo de cuenca acepta los volúmenes o caudales pactados por las partes sin perjuicio de su potestad de revisión posterior. Sin embar-

[19] En el mismo sentido debemos entender la excepción contenida en el artículo 61.2 TRLAg. 2001, que dispone que "El agua concedida quedará adscrita a los usos indicados en el título concesional, sin que pueda ser aplicada a otros distintos, ni a terrenos diferentes si se tratase de riegos, con la excepción de lo previsto en el artículo 67".

[20] Volumen anual máximo de cesión determinado según la regulación del artículo 345 RDPH.

go, respecto de la instalación de contadores homologados, en aplicación de las más elementales reglas de la analogía, entendemos que constituye una obligación de los intervinientes en cualquier caso.

Respecto de la compensación económica la Ley reserva a la Administración la posibilidad de establecer un precio máximo. Tal como está redactado el artículo 69.3 TRLAg. 2001, parece que es dispositivo para los intervinientes pactar o no pactar una compensación económica.

En cualquier caso, dado que las partes pueden pactar una compensación económica que no sea dineraria, por ejemplo pueden pactar que el pago de la cesión se haga efectivo mediante la entrega de una cosa, o mediante la cancelación de una deuda, o por cualquier otro medio admitido en derecho, surgen dudas en cuanto a la valoración de la compensación máxima por un lado, pero sobre todo en cuanto a la posibilidad del ejercicio por el Organismo de cuenca del derecho de adquisición preferente.

3.3.3 Eficacia de los contratos de cesión.

Los contratos de cesión deberán ser puestos en conocimiento del Organismo de cuenca y de las comunidades de usuarios a las que pertenezcan el cedente y cesionario dentro del plazo de quince días desde su firma.

La puesta en conocimiento se realizará mediante el traslado a las entidades mencionadas de las copias del contrato, la solicitud de autorización del mismo y, en ciertos supuestos que veremos más adelante, cierta documentación que resultará esencial para la autorización de los contratos.

El plazo que tiene la Administración para autorizar o denegar el contrato, de uno o dos meses, según los casos, empezará a contar desde la fecha de entrada en el correspondiente registro administrativo, de la solicitud junto con las copias del contrato y la demás documentación que proceda.

El contrato de cesión de derechos al uso del agua no producirá efectos hasta que sea autorizado por la Administración competente [21]. De hecho, la cesión de caudales efectuada materialmente sin la autori-

[21] Según el artículo 57.2 LRJAPAC, la eficacia del acto "quedará demorada cuando así lo exija el contenido del acto o esté supeditada a su notificación, publicación o aprobación posterior".

zación correspondiente, será constitutiva de la infracción tipificada en el artículo 116.3.g) TRLAg. 2001, que dará lugar a la correspondiente sanción y puede conllevar, además, la caducidad del derecho concesional del cedente.

La solicitud de autorización que debe efectuarse al Organismo de cuenca y a las comunidades de usuarios debe acompañarse de otros documentos o solicitudes en los siguientes casos:

- Los titulares de derechos incluidos en el catálogo de aprovechamientos de aguas privadas deben transformar su derecho en una concesión de aguas públicas para poder celebrar contratos de cesión. Deben, además, solicitar la inscripción de la concesión en el registro de Aguas. En estos casos, dicha solicitud de inscripción deberá constar en el contrato de cesión y en la solicitud de autorización del mismo.
- Cuando las aguas objeto del contrato de cesión vayan a destinarse al abastecimiento de poblaciones, se acompañará a la solicitud de autorización un informe de la autoridad sanitaria sobre la idoneidad del agua para dicho uso.
- En el caso de que las instalaciones o infraestructuras para la transferencia física de los caudales sea de titularidad pública, ya sea del Organismo de cuenca o tenga éste encomendada su explotación, los intervinientes en el contrato deberán solicitar la determinación del régimen de utilización de dichas instalaciones o infraestructuras, así como la fijación de las exacciones económicas que correspondan de acuerdo con la legislación vigente.
- Si para la realización material de las cesiones acordadas fuese necesario construir nuevas instalaciones o infraestructuras hidráulicas, los contratantes deberán presentar, a la vez que solicitan la autorización, el documento técnico que defina adecuadamente dichas obras e instalaciones.
- En el caso de que el cedente o el cesionario fuesen titulares de la autorización de vertido a que se refieren los artículos 245 y siguientes RDPH, deberán hacer constar esta circunstancia en la documentación remitida con la solicitud de autorización del contrato, que deberá venir acompañada de un estudio de los posibles efectos que, respecto de aquélla, comporte la cesión de derechos. El Organismo de cuenca tramitará la oportuna modi-

ficación de la autorización o autorizaciones de vertido en los términos del artículo 262 RDPH.

Como vimos anteriormente, la resolución por la que se autorice la cesión de derechos establecerá el volumen máximo anual susceptible de cesión así como la obligación de instalar un contador homologado que mida el caudal realmente decido.

El organismo de cuenca, alternativamente a la autorización, también podrá ejercer un derecho de adquisición preferente de los caudales objeto de la cesión.

Posteriormente, una vez autorizados, los Organismos de cuenca inscribirán los contratos de cesión de derechos de uso del agua en el Registro de Aguas al que se refiere el artículo 80 TRLAg. 2001, en la forma que se determine reglamentariamente[22].

La inscripción registral se considerará medio de prueba de la existencia y situación de los contratos de cesión de derechos suscritos por el concesionario, según el artículo 80.3 TRLAg. 2001 y desarrollado por el artículo193 RDPH.

Posteriormente, podrán inscribirse, además, en el Registro de la Propiedad, en los folios abiertos a las concesiones administrativas afectadas.

3.4 Establecimiento de precios en el mercado de aguas.

El apartado 3 del artículo 69 TRLag. 2001 establece que la cesión de derechos de uso del agua podrá conllevar una compensación económica que se fijará de mutuo acuerdo entre los contratantes y deberá explicitarse en el contrato. El Gobierno, mediante su potestad reglamentaria, podrá establecer el importe máximo de dicha compensación, atendiendo a la situación del mercado y a sus desviaciones.

Los intervinientes en los contratos de cesión deberán llegar a un acuerdo en cuanto al precio de la cesión de la dotación y, además, en cuanto al precio del uso de las instalaciones e infraestructuras necesarias para la materialización física del transporte de las mismas en caso de que tales instalaciones sean de titularidad privada.

En caso de que las instalaciones o infraestructuras sean de titularidad pública se devengarán las tasas o precios que resulten de aplicación.

[22] Los artículos 189 a 196 RDPH, regulan el Registro de Aguas en desarrollo del artículo 80 TRLAg. 2001.

En caso de que el Organismo de cuenca ejerza el derecho de adquisición preferente regulado en el artículo 68.3 TRLAg. 2001, la adquisición queda condicionada al abono por el Organismo de cuenca al cedente de una cantidad igual a la pactada en el contrato. Este pago debe efectuarse por el Organismo de cuenca dentro del plazo de tres meses desde que resuelva el procedimiento de acuerdo de adquisición preferente.

Así pues, los intervinientes son libres para establecer el precio de la cesión e incluso para pactar una cesión gratuita, aunque puede darse una intervención administrativa para limitar el importe máximo.

En cualquier mercado la información sobre los precios es esencial para su correcto funcionamiento; en un mercado de aguas es además una herramienta básica para el fomento del ahorro ya que puede modificar los comportamientos de los concesionarios y demás titulares respecto del uso del recurso.

Por un lado los concesionarios o titulares que actualmente usan "todo el agua" de sus dotaciones, incluso de manera improductiva, con el único fin de que la Administración no revise sus concesiones, pueden usar la información sobre los precios de mercado para "poner en valor" sus posibles excedentes. De este modo el agua que se desaprovecha o despilfarra mediante su uso no productivo, puede destinarse al mercado de cesiones el cual, al estar encauzado normativamente en dirección a proporcionar al agua los usos requeridos por los Organismos de cuenca, obtendrá como resultado la deseada eficiencia que al mismo tiempo implica un ahorro del recurso. En este punto surge el coste de oportunidad para el posible cedente: podrá elegir si pone en el mercado su excedente al precio de mercado obteniendo un beneficio económico de la cesión, o si continua despilfarrando el agua "sobrante" de su producción sin beneficios adicionales para él y con una pérdida efectiva para la sociedad.

Como hemos visto anteriormente, el TRLAg. 2001 dispone que los caudales cedidos por medio de los contratos de cesión se computan como de uso efectivo del cedente a efectos de impedir la caducidad de la concesión, lo cual implica que la elección racional desde el punto de vista del posible cedente, será "realizar" en el mercado el valor de su "excedente" generando al mismo tiempo un beneficio particular y el resultado beneficioso para la sociedad de "ahorro-uso" eficiente del agua.

Por otro lado, desde el punto de vista de los posibles adquirentes de derechos, la valoración del coste de oportunidad surge en el

momento de la elección del tipo de producción y de la contribución a la misma del agua. Evidentemente el cesionario que adquiere el agua a un precio de mercado no la va a despilfarrar, sino que la destinará como input a la producción más eficiente posible, lo que implica simultáneamente su beneficio particular y un beneficio social derivado del ahorro del recurso que supone la contención de la demanda provocada por el precio.

Aparte de los beneficios de eficiencia económica y de gestión del agua, contención de la demanda y ahorro vistos, el precio de mercado del agua cumple otras funciones:

- Proporcionará ingresos adicionales a las Administraciones por vía tributaria. Un aumento de los ingresos de los cedentes y cesionarios tendrá como resultado un incremento de la recaudación por el Impuesto sobre el Valor Añadido y por los impuestos sobre el beneficio (ya sea en el Impuesto sobre la Renta de las Personas Físicas o en el Impuesto de Sociedades). Por otra parte, en los casos en que puede ser necesaria la construcción de nuevas instalaciones o infraestructuras, se devengarán los correspondientes Tributos a favor de las Administraciones autorizantes.
- Proporcionará ingresos a las Administraciones hidráulicas por vía de la recaudación de los cánones, tarifas y precios devengados por el uso de sus instalaciones.
- Facilitará la desaparición de los "mercados negros" del agua, que, no nos engañemos, existen actualmente principalmente donde escasea el recurso.
- Facilitará el cumplimiento del principio de recuperación de costes [23] exigido por la Directiva Marco del Agua, que exige a las Administraciones una gestión que tenga en cuenta los costes de los servicios relacionados con el agua, los costes medioambientales y los costes del recurso.
- A nivel informativo, el precio del agua será un reflejo de la escasez del recurso.

En el modelo de negocios descrito, la información sobre precio de mercado del agua es una pieza clave, ya que será el medio de valoración de los distintos costes de oportunidad que entran en juego.

[23] El Principio de Recuperación de Costes ha sido traspuesto a nuestro Ordenamiento interno a través de la introducción del artículo 111bis en el TRLAg. 2001.

Conocido el precio de mercado por los posibles intervinientes y por las Administraciones, y respetando tanto unos como otros la normativa de aguas vigente, en particular respecto de los destinos del agua y los procedimientos autorizativos de las cesiones, se conseguirán los beneficios enumerados anteriormente.

3.5 Costes de transporte

El Artículo 70 TRLAg. 2001 parece prever la regulación del coste de transporte del recurso según que la infraestructura hidráulica pertenezca a un tercero (no interviniente en el contrato de cesión), en cuyo caso habrá un nuevo contrato, que podemos denominar de "arrendamiento de instalaciones", cuyo precio será acordado entre los intervinientes en el contrato de cesión de un lado y el titular de la infraestructura por otro.

Si la infraestructura es titularidad del Organismo de cuenca (o éste tiene encomendada su gestión) las partes en el contrato de cesión deberán solicitar que el organismo determine el régimen de utilización de las infraestructuras de transporte y el precio (de acuerdo con la legislación vigente).

Para el caso de que no exista la infraestructura necesaria para el transporte del recurso en el momento de la celebración (y producción de efectos del contrato de cesión), el apartado 3 del artículo 70 prevé que si para la realización material de las cesiones acordadas fuese necesario construir nuevas instalaciones o infraestructuras hidráulicas, los contratantes deberán presentar, a la vez que solicitan la autorización, el documento técnico que defina adecuadamente dichas obras e instalaciones. Cuando las aguas cedidas se vayan a destinar al abastecimiento de poblaciones, se presentará también informe de la autoridad sanitaria sobre la idoneidad del agua para dicho uso.

Es importante insistir en que la Directiva Marco del Agua, 60/2000, insta a los estados miembros de la Unión Europea a que cada vez sea mayor la carga de dichas infraestructuras públicas para los usuarios de las mismas que se benefician de su uso, hasta llegar a RECUPERAR en su totalidad los costes, incluyendo los costes medioambientales.

BIBLIOGRAFÍA

GARRIDO COLMENERO, A., "Ventajas y limitaciones del uso del mercado en la asignación de los recursos hídricos". VI Conferencia Internacional del Seminario Permanente de Ciencia y Tecnología del Agua. Economía del agua: hacia una mejor gestión de los recursos hídricos, Iberdrola, Valencia, 2000).

LÓPEZ ORTIZ, Mª I. y MELGAREJO MORENO, J. "¿Es eficiente un mercado del agua? Algunas reflexiones a la luz de la historia de España", dentro de "Los mercados del Agua. Análisis jurídicos y económicos de los contratos de cesión y bancos de agua", obra colectiva coordinada por Joaquín Melgarejo Moreno y Andrés Molina Jiménez. Fundación Instituto Euromediterráneo de Hidrotecnia y Ed. Civitas, Thomson-Aranzadi, 2005.

MOLINA JIMÉNEZ, A. "La cesión de derechos de aprovechamiento de aguas en España. Análisis crítico y propuestas", dentro de "Los mercados del Agua. Análisis jurídicos y económicos de los contratos de cesión y bancos de agua", obra colectiva coordinada por Joaquín Melgarejo Moreno y Andrés Molina Jiménez. Fundación Instituto Euromediterráneo de Hidrotecnia y Ed. Civitas, Thomson-Aranzadi, 2005.

NAVARRO CABALLERO, M. T. "La intervención administrativa en el contrato de cesión y en los centros de intercambio de derechos al uso privativo de las aguas", dentro de "Los mercados del Agua. Análisis jurídicos y económicos de los contratos de cesión y bancos de agua", obra colectiva coordinada por Joaquín Melgarejo Moreno y Andrés Molina Jiménez. Fundación Instituto Euromediterráneo de Hidrotecnia y Ed. Civitas, Thomson-Aranzadi, 2005.

RIETA SÁNCHEZ, E., "Una mejora en el uso del agua: posibilidad de un mercado", en "Una cita europea con la nueva cultura del agua. La Directiva Marco. Perspectivas en Portugal y España, II Congreso Ibérico sobre planificación y gestión de aguas, Oporto, noviembre de 2000.

ABREVIATURAS MÁS UTILIZADAS

CE: Constitución Española de 1978.
LAg. 1985: Ley 29/1985, de 2 de agosto, de Aguas.
MAM: Ministerio de Medio Ambiente, Medio Rural y Marino.
PHN: Plan Hidrológico Nacional.
RDPH: Reglamento del Dominio Público Hidráulico, aprobado por Real Decreto 849/1986, de 11 de abril.
TRLAg. 2001: Real Decreto Legislativo 1/2001, de 20 de Julio, por el que se aprueba el Texto Refundido de la Ley de Aguas.

LA GESTIÓN INTEGRADA DEL AGUA

Por
Tomás A. Sancho

1. INTRODUCCIÓN

El agua es un recurso vital: sin agua no hay vida posible. Para la subsistencia del hombre, para su salud, para la alimentación… el acceso al agua potable y al saneamiento es imprescindible. Igualmente es esencial para los animales y las plantas, y para el equilibrio ecológico del planeta.

Al fin y al cabo desde el origen nacemos rompiendo aguas. Y ya en el seno de nuestra madre estamos envueltos en una bolsa de agua que es la que nos protege y la que nos cuida, aparte lógicamente del cariño de los que nos han engendrado.

A veces se pasan por alto datos que no son suficientemente conocidos ni valorados: En nuestro cuerpo humano, un 70% es agua. Del cerebro, el 90% es agua. Cuando nos falta tan solo un 2% de agua en el cuerpo, nuestro cerebro se resiente, no funcionamos bien, perdemos capacidades. Muchos problemas de espalda, las migrañas… todo eso está en ocasiones relacionado con la falta de una hidratación adecuada. Y luego, por supuesto, del agua depende la alimentación, la salud, la higiene.

Constatamos así que realmente el agua es un elemento que, como decían ya los sabios griegos, es uno de los elementos fundamentales para nuestra vida.Y por eso reflexionar sobre el agua es reflexionar sobre la vida. Hoy día hay 900 millones de personas sin abastecimiento del agua sobre la Tierra, y además hay 2.400 millones de personas que no disponen de un saneamiento básico. Cuando hablo de un saneamiento básico es que viven en unas condiciones en que el agua sucia no se evacua; y no estoy hablando de depuración, es que en los luga-

res en los que están viviendo conviven con las basuras y con el agua sucia, con todos estos residuos… Y lo que al final eso genera es pobreza, enfermedades y muerte; ¡y esa es la realidad!.

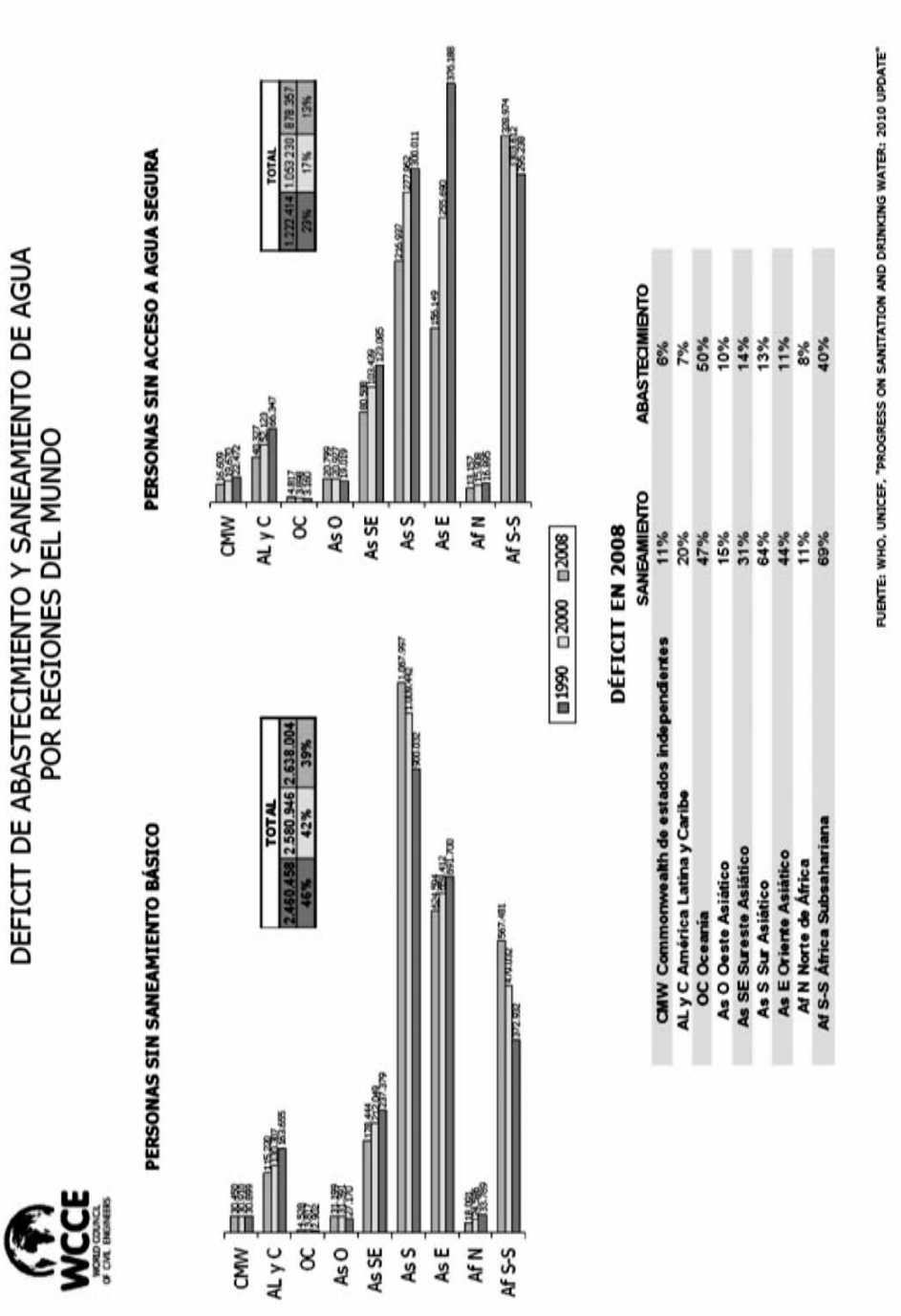
El hombre a veces hace cosas bien hechas y a veces hace cosas mal hechas, y sobre todo, lo que voy a intentar trasmitirles es que esa potencia que tenemos como seres humanos ha llegado un momento en el que ya incide a escala planetaria, y que ya estamos en un momento en el que hay que tomar decisiones importantes y adoptar estrategias a futuro importantes, porque de lo que se haga ahora y en un futuro inmediato depende en mucho nuestro bienestar y el de las generaciones venideras.

Y, por supuesto, también en esta visión global inicial lo que quiero decirles es que ambos temas también muestran una realidad de nuestro mundo que no deja de ser -permítanme que sea tan claro- escandalosa. En un momento en el que el hombre tiene tanta capacidad, habiendo sido capaces de generar tanta riqueza, tanto bienestar… es escandaloso que tengamos cientos de millones de personas sin tener estas necesidades bien cubiertas.

Por otra parte, en las sociedades desarrolladas, la adecuada gestión del agua para el desarrollo sostenible y para asegurar el bienestar de la población, sin amenazar el que las generaciones venideras también puedan disfrutar de ello, es un nuevo reto a afrontar. El caso de España, que expondremos más detalladamente, puede ser a estos efectos un caso de especial interés, dadas las peculiaridades de nuestro país en el contexto europeo.

2. EL AGUA EN EL MUNDO

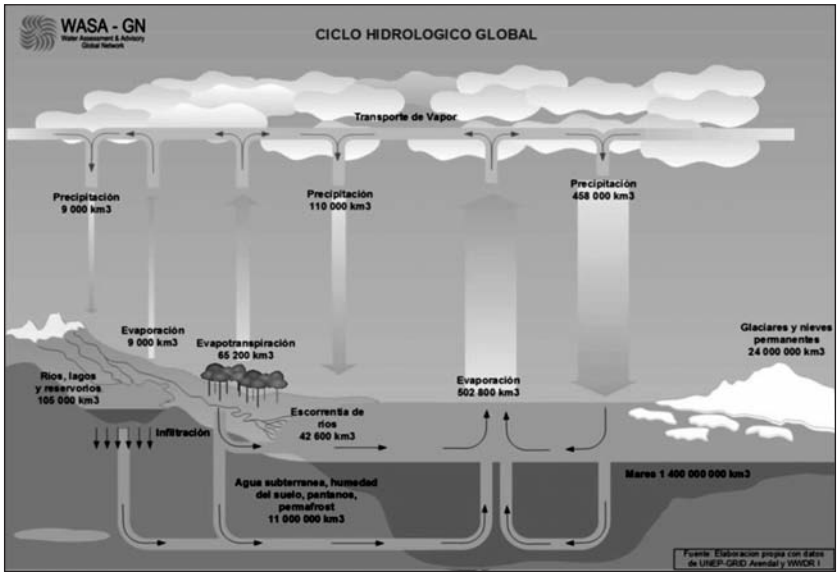
En este primer gráfico se da cuenta de la evolución de la situación en lo que a cobertura de los servicios básicos de agua potable y saneamiento se refiere. Desde el año 1972 se está hablando de que hay que corregir esta situación y que no puede ser que haya partes en las que no esté bien resuelto el abastecimiento y el saneamiento básico del agua. Pues en porcentaje en abastecimiento hemos mejorado, pero en saneamiento incluso hemos empeorado; en número de habitantes sobre la Tierra, cada vez hay más hombres que no disponen de estos servicios básicos.


DEFICIT DE ABASTECIMIENTO Y SANEAMIENTO DE AGUA
POR REGIONES DEL MUNDO
WCCE
WORLD COUNCIL OF CIVIL ENGINEERS
PERSONAS SIN SANEAMIENTO BÁSICO
TOTAL
2.460.458 2.580.946 2.638.004
46% 42% 39%
PERSONAS SIN ACCESO A AGUA SEGURA
TOTAL
1.222.414 1.053.230 878.357
23% 17% 12%
CMW
AL y C
OC
As O
As SE
As S
As E
Af N
Af S-S
1990 2000 2008
DÉFICIT EN 2008
SANEAMIENTO ABASTECIMIENTO
CMW Commonwealth de estados independientes 11% 6%
AL y C América Latina y Caribe 20% 7%
OC Oceania 47% 50%
As O Oeste Asiático 15% 10%
As SE Sureste Asiático 31% 14%
As S Sur Asiático 64% 13%
As E Oriente Asiático 44% 11%
Af N Norte de África 11% 8%
Af S-S África Subsahariana 69% 40%
FUENTE: WHO, UNICEF, "PROGRESS ON SANITATION AND DRINKING WATER: 2010 UPDATE"

Como apuntaba antes, resulta francamente sorprendente –aún más claro, escandaloso– que con el grado de avance de la técnica y las capacidades de las que dispone hoy día el hombre y la civilización, el suministro de agua potable y el saneamiento de las aguas residuales haya pasado a ser actualmente un grave problema. Si a esto añadimos las migraciones tan importantes (más de 200 millones de personas cada año), en buena parte originadas por las sequías y la falta de agua, nos damos cuenta de que incluso en lo más básico, en lo que al sustento vital se refiere, el hombre no ha sabido resolver la disponibilidad de agua.

Es inexplicable que no estén cubiertas estas necesidades humanas básicas y que la carencia de algo tan vital acarree pobreza, daños para la salud e incluso un número apreciable de muertes. Y la mayor parte del crecimiento poblacional que se espera en las próximas décadas (el 90% de 3.000 millones de personas más hasta 2050) se concentrará en los países en desarrollo, precisamente donde peor cubiertas se encuentran ya el abastecimiento y saneamiento de agua a la población.

¿Qué sucede? ¿Es que no hay agua para todos? ¡Pues no! En este grafismo siguiente, que es un dibujo del ciclo global de cuánta agua hay en las diversas partes del ciclo hidrológico, vemos que realmente en el mar hay 1.400 millones de kilómetros cúbicos. Eso es tanto como decir que, para lo que estamos usando, el mar es inagotable. Lo que se



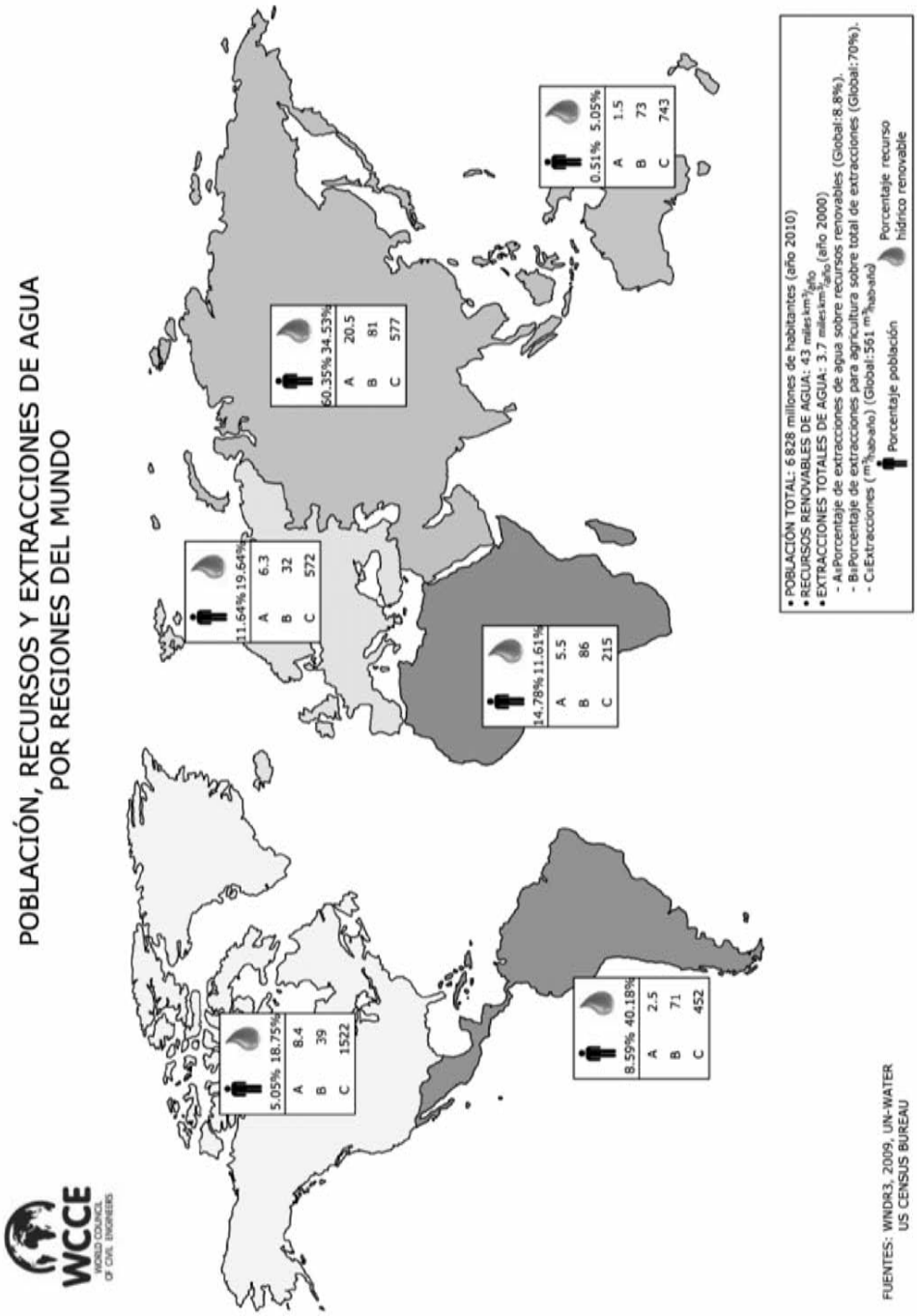
está usando ahora es del orden -entre todos los usos- de 4.200 kilómetros cúbicos al año, y estamos hablando de 1.400 millones lo que hay en el mar. Y lo que tenemos en los ríos son como 42 000 km^3 al año, como media. Es decir, que a día de hoy en la Tierra se está usando, más o menos, el 10% del agua disponible que existe como media en los ríos. Luego ahora que la tecnología permite la desalación de agua marina para obtener agua potable, en cualquier caso, si hablamos de falta de agua, no será porque no haya recurso, sino porque será cara su obtención y transporte…

¿Por qué entonces hay carencias de agua? Pues porque aunque a nivel global medio las cifras encajan, hay muchas irregularidades a lo largo del espacio, y hay muchas irregularidades a lo largo del tiempo, y entonces eso hace que, como el hombre elige dónde vivir -o nace donde nace-, su ubicación no coincide con los lugares con los que está el recurso. Hace falta actuar para poner el agua dónde y cuándo queremos y la necesitamos.

En el siguiente mapa podemos ver cómo está el agua distribuida por regiones en el mundo. Y entonces se ve que, por ejemplo, en Norteamérica, donde está el 5% de la población, tenemos el 19% del recurso hídrico disponible en el mundo. En Latinoamérica está el 8% de la población y el 40% del recurso hídrico. En África está casi el 15% de la población y no llega al 12% del agua. En Europa el 11% de la población y el 19% del recurso hídrico. En Asia está el 60% de la población y está el 34% del agua.

Digamos así que, aunque siempre se ha dicho que el hombre se asienta donde hay agua, pues a día de hoy eso no es tan cierto; y en unos lugares hay más problemas para dar del agua que se necesita que en otros. Y en todos hay de sobra, si se hace el balance por continentes, por países, por lugares… Salvo en los desiertos, hay agua suficiente para abastecer a la población. La actual y la prevista en el futuro.

Ante este panorama, ¿que se está diciendo a nivel mundial? A este respecto, hay documentos importantes de reflexión. Así, recientemente, en 2008 en la Exposición Internacional que hubo en Zaragoza sobre Agua y desarrollo sostenible, salió a la luz la Carta de Zaragoza como compendio de lo que era el agua y el desarrollo sostenible, y como mensaje final basado en todo el trabajo de la Tribuna del Agua, que estuvo trabajando y analizando el panorama del agua en el mundo durante tres meses, con participación de más de 2.000 expertos internacionales.


POBLACIÓN, RECURSOS Y EXTRACCIONES DE AGUA
POR REGIONES DEL MUNDO
WCCE
WORLD COUNCIL OF CIVIL ENGINEERS
5.05% 18.75%
A 8.4
B 39
C 1522
11.64% 19.64%
A 6.3
B 32
C 572
60.35% 34.53%
A 20.5
B 81
C 577
0.51% 5.05%
A 1.5
B 73
C 743
14.78% 11.61%
A 5.5
B 86
C 215
8.59% 40.18%
A 2.5
B 71
C 452
• POBLACIÓN TOTAL: 6 828 millones de habitantes (año 2010)
• RECURSOS RENOVABLES DE AGUA: 43 miles km³/año
• EXTRACCIONES TOTALES DE AGUA: 3.7 miles km³/año (año 2000)
- AuPorcentaje de extracciones de agua sobre recursos renovables (Global:8.8%).
- BuPorcentaje de extracciones para agricultura sobre total de extracciones (Global:70%).
- CuExtracciones (m³/hab/año) (Global:561 m³/hab/año)
Porcentaje población
Porcentaje recurso hídrico renovable
FUENTES: WNDR3, 2009, UN-WATER
US CENSUS BUREAU

Luego, en 2009, la ONU publicó un Informe sobre agua en el mundo, el Tercer informe denominado WWDR3, en el que se hace un diagnóstico sobre cómo está el agua en un mundo cambiante. Y en el 5º Foro Mundial del Agua que se celebró en Turquía, en Estambul, en 2009 también se abordaron los problemas globales sobre el agua. En estas tres reflexiones y su documentación vamos a encontrar lo mismo. Enfocados de una manera o de otra, pero los mensajes son coincidentes.

Una de las cuestiones que hoy es clave es la necesidad de gestionar el recurso, ya que evidentemente cuando hay que gestionar el agua hay que tomar decisiones difíciles porque cada vez hay que repartir recursos disponibles que disminuyen con demandas cada vez mayores. La demografía y el cambio climático –del que hablaremos después– acentúan los problemas en torno al agua. Y la gestión integrada de recursos hídricos es mundialmente aceptada como la manera eficiente y equitativa de afrontar (en un contexto de desarrollo sostenible) la gestión de los limitados recursos hídricos mundiales, y para hacer frente así a las demandas en conflicto.

Hoy en día hay un movimiento que dice: El problema es el hombre porque usa mal las cosas, los recursos, y el problema es el hombre por el crecimiento demográfico: si estuviéramos menos, viviríamos mejor y no tendríamos estos problemas. Entonces, ante esta reflexión sobre la demografía, me limito a retomar la historia: cuando el hombre primitivo se piensa que no podían vivir en buenas condiciones más que 10 millones de personas sobre la Tierra; sin embargo, en tiempos del Imperio Romano, después de la civilización griega, de los romanos, de los persas… ya había un desarrollo de la técnica y de la capacidad del hombre, y vivían 150 millones de personas sobre el mundo. En el año 1600 la población estaba entorno a 800 millones de personas, y con el desarrollo industrial la población subió. A principios del siglo XX estábamos ya en unos 1.600 millones de personas, y a mediados del siglo XX, en los años 60 sobrepasamos los 3.000 millones de personas. En el año 2000 -ya en 1999 concretamente el día del Pilar, el 12 de octubre según recogen oficialmente las estadísticas- dicen que en el mundo nació el habitante vivo número 6.000 millones… Por tanto, a la luz de la historia, lo que realmente el hombre ha demostrado es que con sus capacidades es capaz de habilitar recursos y de que aquí cabemos más gente; además hay muchas zonas en las que se puede caber.

Y por otra parte, precisamente ha sido el impulso, la capacidad, la innovación humana lo que ha ido consiguiendo todos estos progresos

y todos estos desarrollos. Por lo tanto, el crecimiento demográfico es una excusa muy fácil para justificarnos y hacer descansar sobre ello el origen del problema. No puedo compartir ese criterio, y estoy mucho más en la línea de que lo que tenemos es un marcado egoísmo individual y, como sociedades colectivas, a los que estamos bien nos cuesta pensar en los que no tienen nuestra suerte.

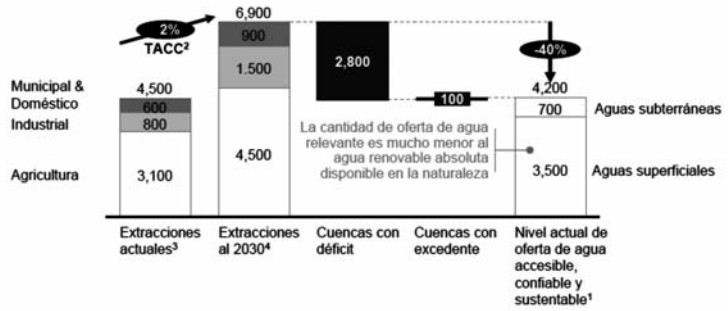
A nivel global se está hablando que el agua es un factor que subyace a todos los problemas que existen actualmente y que una clave es la gestión integral de recursos hídricos, que eso garantiza un buen uso de los recursos y que lo podamos poner a disposición de los usuarios con justicia, equidad y con mejor aprovechamiento para todos. En la Semana del Agua celebrada en el Banco Mundial en febrero de 2009 se decía que el agua era necesaria para el desarrollo económico, para la mejora de la situación del hombre, y que había que mejorar en la gestión de los recursos en la seguridad del agua, y en la relación con el clima y con el medio ambiente. Y se incidía mucho en que, después de haber pasado la crisis alimentaria, la crisis energética, en medio de la crisis financiera y con el trasfondo del cambio climático, realmente si no se resolvía bien los asuntos de la alimentación, del agua y de la energía… pues entonces que caminábamos hacia un crecimiento de la pobreza y que se iba a estancar el desarrollo de las sociedades.

Voy a intentar sintetizar y lanzar los mensajes lo más claro que pueda. ¿Qué sucede con el agua? Nos enfrentamos a una crisis alimentaria, a una crisis energética, a una crisis financiera y a una crisis medioambiental. Y todas ellas pueden verse agravadas a consecuencia de los efectos del cambio climático.

- *Crisis alimentaria*: El incesante crecimiento de la demanda de productos agrícolas para satisfacer las necesidades de una creciente población sigue constituyendo el mayor vector que está tras el uso del agua. El firme desarrollo económico, y una evolución en el estilo de vida, en particular en las economías de mercado emergentes, ha conllevado la demanda de una dieta más variada, incluyendo carne y productos lácteos, presionando adicionalmente a los recursos hídricos. Ya recientemente se ha sufrido la denominada crisis alimentaria, un aviso para lo que puede venir si no se actúa. La agricultura de regadío, que en el WWDR3 se decía ocasionaba la extracción de 2.700 km^3 en el año 2000, representa en 2010 aproximadamente 3.100 km^3 o el 71% de las extracciones anuales de agua actuales, y se estima que se incre-

mentará a 4.500 km^3 para el año 2030 (representando entonces el 65% de las extracciones globales de agua). Por lo tanto, el desafío del agua está íntimamente ligado a la provisión de alimentos y al comercio. Los centros de demanda agrícola, que también son algunos de los lugares donde viven los agricultores más pobres, se encuentran principalmente en India (extracciones proyectadas de 1.195 km^3 para el año 2030), África sub-Sahariana (820 km^3/año) y China (420 km^3/año).

BRECHA AGREGADA GLOBAL EXISTENTE ENTRE LA OFERTA ACTUAL (1) ADECUADA Y LAS EXTRACCIONES DE AGUA AL 2030 (4) (sin asumir mejoras de eficiencia)



1 Nivel de oferta actual que puede ser provisto con un 90% de confiabilidad, con base en niveles hidrológicos históricos e inversiones en infraestructura planificados hasta el año 2010. Neto de requerimientos ambientales
2 TACC: Tasa anual de crecimiento compuesto
3 Basado en análisis de producción agrícola del año 2010 del IFPRI
4 Basado en proyecciones del PIB, de población y de producción agrícola del IFPRI. No considera mejoras en la producción de agua en el período 2005-2030

FUENTE: Modelo de Oferta y Demanda Global de Agua al 2030 (*Water 2030 Global Water Supply and Demand model*). Producción agrícola basada en el caso IFPRI IMPACT-WATER

- *Crisis energética*: Se necesita energía para el agua (ponerla a disposición en cantidad y calidad, en el momento y lugar deseados) y se necesita agua para la energía (para su producción y regulación, bien directamente como energía hidroeléctrica incluyendo los aprovechamientos de bombeo reversibles, o bien indirectamente, ya sea para refrigeración de las centrales nucleares y térmicas -carbón y fuel- o ya sea para la producción de biocombustibles. La mayor parte de las extracciones de agua destinadas a la industria (hoy día el 20% de las extracciones totales en el mundo) se deben a la generación de energía, pero hay que tener en cuenta que la mayor parte de dicha agua (sobre el 95%) retorna a los sistemas de agua.

- *Crisis financiera*: en un entorno en el que la economía mundial se ha visto sacudida por una reciente crisis de financiación, es éste un aspecto que no debemos pasar de largo. Aunque a menudo el agua es descrita como un regalo de la naturaleza, su gestión y aprovechamiento por una amplia variedad de necesidades humanas y ecológicas acarrea costes financieros. Estos costes a menudo son ampliamente ignorados, minusvalorados o insuficientemente atendidos, lo cual a la larga conduce a graves problemas. Todas las actividades relacionadas con el agua tanto desde un punto de vista estructural (infraestructuras hidráulicas) o no (planificación, obtención de datos, leyes y normativas, educación y capacitación...) requieren dinero para ser desarrolladas y llevarlas a cabo. Disponer los fondos suficientes y tener la voluntad de invertir en la gestión del agua y en las infraestructuras hidráulicas se han convertido en uno de los mayores factores determinantes para disponer de suficiente agua en cantidad y calidad. Aunque pueda parecer que hay muchas opciones para financiar el desarrollo de recursos hídricos, los gobiernos todavía disponen sólo de tres maneras básicas de financiarlos: las tarifas, los impuestos y la llegada de ayuda de cooperación internacional o donaciones filantrópicas. También es ahora muy relevante la cifra que hay que destinar a las infraestructuras hidráulicas existentes, ante su envejecimiento y obsolescencia, especialmente en los países desarrollados.

- *Cambio climático, desastres naturales*: El cambio climático afecta a todas las regiones, pero de distinta manera (unas se enfrentan a las crecidas del nivel del mar, mientras que otras se enfrentan a la sequía). Ante el cambio climático, si la mitigación supone actuar sobre la generación de energía, la adaptación es la línea de actuación a aplicar sobre el agua y la tierra.

El cambio climático acentúa todos los problemas antes expuestos, y además quizá incrementa notablemente el riesgo de los daños asociados a las avenidas y las sequías, poniendo en retroceso el progreso y desarrollo económico alcanzado en muchas partes del mundo, incluyendo los países menos desarrollados (que son los más vulnerables). Además suponen un riesgo real para los bienes y las personas, ocasionando no sólo la interrupción de la actividad económica que se valora por billones de $ o €, sino también pérdidas significativas de vidas humanas.

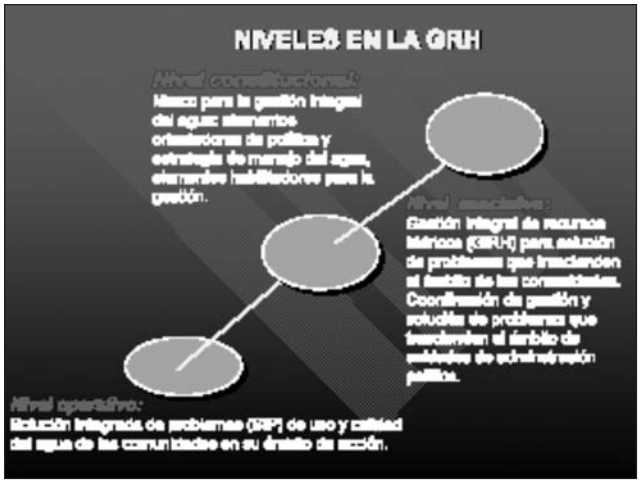
- *La presión sobre el medioambiente* (por stress hídrico) sobrepasando en algunos lugares el punto de no-retorno: El agua dulce disponible en la Tierra es finita, y su distribución varía considerablemente, dirigida principalmente por ciclos de hielo-deshielo y fluctuaciones de precipitaciones, escorrentías y niveles de evapotranspiración. Esta situación natural se ha visto cambiada por la actividad humana, que se ha convertido en un agente primario de generación de presiones que afectan a los sistemas de agua de nuestro planeta. Presiones relacionadas en su mayoría con el desarrollo humano y el crecimiento económico (en la búsqueda de más altos niveles de vida), y que chocan con la fragilidad de los ecosistemas del planeta, que necesitan agua para su sustento, lo que convierte al agua en único entre los recursos naturales de la Tierra y en el primer agente medioambiental. Presiones que resultado a su vez de 5 grupos de vectores-agentes externos: demográficos, económicos, tecnológicos, sociales, de gobierno (y acentuadas por el cambio climático), Sobre ellos, poca capacidad de influencia tienen los agentes del sector del agua (gestores y usuarios).

Podemos añadir que en la base, y como causa, todo ello tiene también una falta de gestión y de gobernanza del agua. Con el agua las personas, como de todos los recursos, tendemos a aprovecharnos de ella. Y yo tengo aquí este vaso de agua: pues lo primero me lo bebo, si me sobra pues ya veremos si se da a alguien el sobrante, pero primero yo satisfago mis necesidades. Pues está pasando un poco lo mismo. Este río pasa por mi lado, yo lo aprovecho y "el que venga atrás, que arree".

Está demostrado no solo por justicia, por equidad, sino hasta en los estudios económicos, que cuando se gestiona el agua de una manera integral se consigue optimizar el beneficio social, económico, y la protección ambiental. Por eso a nivel mundial se está insistiendo en que hay que hacer una planificación y gestión integrada de los recursos hídricos. Que es la mejor manera para asignar el agua y decidir las acciones de manera eficiente y de manera justa. Eso supone que deben anticiparse los escenarios futuros, buscar y definir las medidas que aseguren la satisfacción de las demandas, que propicien el desarrollo socioeconómico, el equilibrio territorial, y la mejora y preservación de los ecosistemas hídricos. Ello conjuntando la acción sobre las aguas superficiales y subterráneas, respetando el ciclo integral del agua.

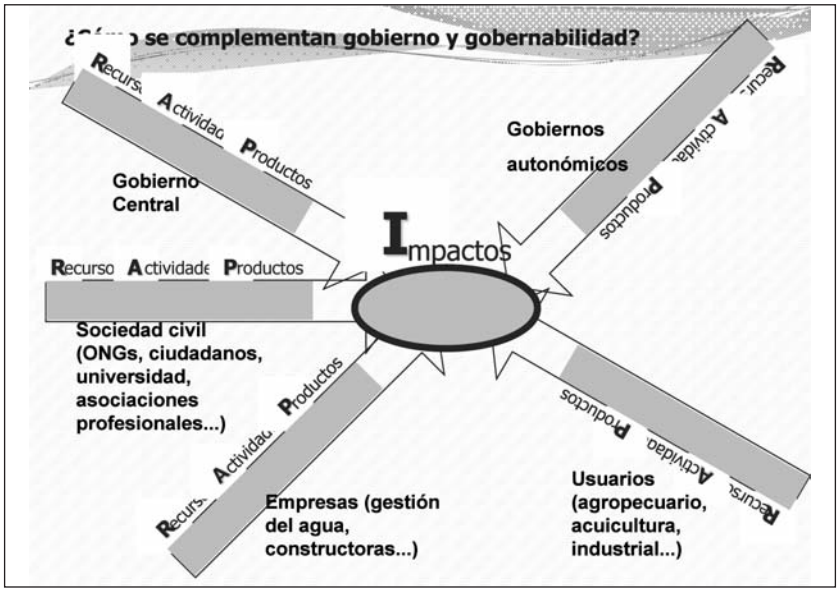
Y esta gestión integrada de recursos hídricos, nos incorpora a todos porque hace falta gestionarla bien en nuestros hogares, hace falta gestionarla bien en los campos, hace falta gestionarla bien en esto que

pongo nivel operativo pero también hay que saber ir anidando todo esto y gestionarla bien a un nivel asociativo, como pueden hacer las comunidades de regantes o como pueden hacer las mancomunidades de municipios, o como se puede hacer sobre todo a nivel de cuencas hidrográficas por los organismos de cuenca (las confederaciones hidrográficas españolas), porque el agua es un recurso natural y lo tenemos que gestionar respetando ese ciclo hidrológico natural para que realmente los aprovechamientos se hagan con beneficio del hombre: con beneficio social, con beneficio económico y sin que salga pagando y esquilmado el medio ambiente.



Y luego hay un nivel constitucional, un nivel de Estados, un nivel incluso de Organismos Internacionales que tienen que dar unos marcos normativos legales y unas pautas de actuación cuyo respeto garantice que hagamos todo esto de la manera que les estoy apuntando.

¿Qué es lo que se pretende? Pues que todos los recursos y las actividades o los productos, todo lo que se vaya haciendo por unos o por otros en el campo del agua se oriente a conseguir unos impactos positivos que se han pactado previamente. Cuando se habla de participación y cuando se habla de gobernanza lo que se está diciendo es que nosotros tenemos que ponernos, tanto los gobiernos autonómicos, los usuarios, las empresas, la sociedad civil, los profesionales, el gobierno central, todas las capacidades a sumar para conseguir esos impactos en el campo del agua. Ese impacto lo que supone es mejorar la calidad de vida de todas las personas.



Cuando hablamos de agua y cuando hablamos de desarrollo sostenible hemos que tener en cuenta que hay como tres patas o partes fundamentales a considerar, cuales son la parte social, la parte económica y la parte medioambiental, y que cada una de ellas reúne diversos conceptos. Es muy importante que en esta gestión integrada de recursos hídricos sepamos contrapesar las tres partes.

El hombre tiene una responsabilidad seria sobre los recursos naturales. No podemos pretender que sea más importante la preservación de un espacio ecológico que la vida del hombre, pero tenemos que hacer compatible la vida del hombre con la preservación de esos espacios ecológicos, con la vida de los ecosistemas. Y por otra parte tenemos una responsabilidad de cara a las sociedades futuras en virtud de una ya hoy reconocida solidaridad intergeneracional.

Entonces ¿cómo se consigue esta alineación de intereses y de actuaciones? Pues se consigue haciendo que las personas se impliquen, que las personas comprendan que están hablando de un bien colectivo y que no pueden aplicar "el pan para hoy y el hambre para mañana". Y hay que dar participación e implicar a todos los que estamos en la sociedad. Algunos tendrán un interés más general, otros estarán directamente implicados porque el agua para ellos es un medio de producción, de la agricultura, de los campos, de la industria correspondiente

o los ayuntamientos por la responsabilidad que tienen de dar de beber y de depurar el agua que está etc etc. Pero de alguna manera en la planificación y gestión del agua se pretende que todos estén informados, consultar por lo menos con los que tienen intereses específicos y que las decisiones se concierten e incluso en determinados casos sean unas decisiones adoptadas en conjunto. Y así es como se deben hacer las cosas.

¿Para todo? Pues no, Cuando se esté hablando de hacer un marco legal, pues digamos que los parlamentos correspondientes son los que tienen la palabra fundamentalmente. Pero cuando se está hablando de gestionar infraestructuras o de gestionar recursos, cuando hay agua en un embalse a la hora de decidir a qué se dedica, como se reparte, los usuarios deben participar activamente y ser decisores. Igualmente, cuando se está hablando de gestionar conflictos entre usuarios pues ahí si que hay que darles protagonismo.

Como reflexiones adicionales:

- El agua debe ponerse al servicio de otras necesidades del hombre de la sociedad, coordinándose adecuadamente de manera especial con la alimentación y la energía.
- No debe usarse indebidamente para coartar la libertad de las personas en cuanto a su libertad de asentamiento y a sus patrones de vida, pero debe proporcionar la información para conocer las consecuencias de las decisiones al respecto de los hombres y de las sociedades. Esta libertad no puede en ningún caso amparar un mal uso del agua.
- La planificación debe ser un proceso "de abajo a arriba". Los procesos participativos son una garantía para la efectiva aplicación de las medidas decididas. En estos procesos debe ajustarse adecuadamente el alcance de los mismos (materias y grado), y respetarse el papel prioritario de los usuarios del agua, que deben colaborar especialmente en la gestión y resolución de los problemas y conflictos que se planteen, así como en la financiación de las medidas que se adopten.
- Los estudios de planificación y las medidas de gestión deben ser desarrolladas por los profesionales cualificados para ello, con una visión holística y equipos interdisciplinares, pero liderados por quienes más entienden de agua por haber sido específicamente formados para ello: los ingenieros civiles hidráulicos.

- Debe basarse en el ámbito geográfico natural marcado por las cuencas hidrográficas -y los acuíferos compartidos- superado las diferentes barreras administrativas y políticas (téngase en cuenta que una gran parte del territorio, de la población mundial y del recurso está en cuencas transfronterizas).

Además, señalar que la acción en materia de agua es lenta, y se acusa la falta de políticas a largo plazo, necesarias para recuperar las inversiones hidráulicas. Todos los organismos y estudios declaran que las inversiones en agua son, social y económicamente, las más rentables, pero su plazo de maduración, definición, ejecución y puesta en servicio es largo, normalmente superior a los cortos ciclos de permanencia en sus puestos de los decisores políticos, que buscan su particular granero de votos en otras inversiones más visibles a corto plazo. Pero invertir en agua es rentable: Según la OMS, aparte de la incuestionable mejora que ello supondría para millones de personas, existe un potencial beneficio económico de 3–34 dólares por cada dólar invertido en saneamiento y agua potable. En Estados Unidos, las publicaciones hablan de que el retorno de las inversiones hidráulicas, sólo por evitar daños ante fenómenos extremos, es del orden de 1 a 6 (coste a beneficio), Los datos estadísticos de España señalan que con 1 m^3 de agua aprovechado se genera una producción media de 27 € (para un coste medio inferior al euro).

3. EL AGUA EN ESPAÑA

Nunca debemos olvidar sino acentuar -aún más si cabe-, en la descripción de la geografía y pluviometría ibéricas, aquello que nos permitirá percibir lo que podemos calificar como de un gran drama: la tremenda irregularidad (en el espacio y en el tiempo) del reparto del agua y la disfunción que se ha producido entre localización del recurso y localización de la población y el desarrollo.

Frente a los ríos europeos, que tras su nacimiento en la montaña adquieren rápidamente la madurez de un gran caudal y discurren por tierras llanas de elevada pluviometría, que alimentan ordenadamente el cauce principal, discurriendo suave, uniforme y ordenadamente hasta la desembocadura, los ríos españoles presentan cursos irregulares y discurren, superado su nacimiento, por tierras resecas, casi desiertos, donde su caudal languidece salvo cuando sufre impresionantes riadas. Así el coeficiente de avenida (es decir, la relación entre los caudales

del río en su máximo estiaje y su máxima avenida, a lo largo de la serie histórica) es, para los ríos de Europa, de 1 a 200. O sea, el caudal máximo puede ser doscientas veces el de las horas bajas. Mientras, en España, esta proporción puede ser de uno a cinco mil, y en cuencas mediterráneas se puede superar el coeficiente uno a diez mil.

A lo largo del siglo que ha finalizado, hemos pasado de 900.000 hectáreas de regadío a 3.400.000 ha, de 200 megavatios de potencia hidroeléctrica instalada a 17.000 megavatios, de 296 km de canalización a decenas de miles de kilómetros de canales, de 57 grandes presas a más de 1.200, de unos consumos urbanos de 10 litros por habitante y día a otros de trescientos, se han creado los organismos de cuenca (Confederaciones Hidrográficas) para una mejor administración del agua...

De este modo, a lo largo del siglo XX, la explosión demográfica y tecnológica producen sinérgicamente un aumento y concentración de la demanda de agua. La tecnología concentra la población, por un lado, pero además cambia las formas de vida e introduce nuevas necesidades de agua para el equipamiento, las industrias y los servicios. El desarrollo industrial y el aumento del nivel de vida, junto con el turismo de masas, han generado una polarización especial de la población y un notable aumento del consumo por habitante, con lo que los abastecimientos urbanos han venido a exigir grandes infraestructuras complicadas y costosas: y también ha conllevado, por desgracia, una significativa degradación del ecosistema hídrico.

DATOS BÁSICOS AGUA EN ESPAÑA

SUPERFICIE	504.000 km2
POBLACIÓN	46,000,000 hab
Densidad poblacional	91 hab/km2
PRECIPITACIÓN	664 mm/año
EVAPOTRANSPIRACIÓN Potencial	1.033 mm/año
ETReal	394 mm/año
RECURSOS HÍDRICOS	**110 km3/año**
Superficiales	110 km3/año
Acuíferos (renovable)	27 km3/año
Por habitante	2.390 m3/hab y año
RECURSO POTENCIAL (sin ecológicos)	89 km3/año
Nº GRANDES PRESAS	1.250
CAPACIDAD DE EMBALSE	56 km3
RECURSOS POTENCIALES EMPLEADOS	40%
SIN REGULACIÓN	8%
SOBRE TOTALES CON REGULACIÓN	32%
RETORNOS	14.539 hm3/año
CAPACIDAD DE DESALACIÓN	1.235 hm3/año
REUTILIZACIÓN	368,2 hm3/año
EL PAÍS CON MAYOR BIODIVERSIDAD DE EUROPA	

DEMANDAS	**35,323 km3/año**
Superficie de riego	3,4 millones ha
Volumen para riego	24.094 hm3/año
Uso industrial	1.647 hm3/año
Uso urbano y doméstico	4.667 hm3/año
Usos energéticos (refrigeración)	4.915 hm3/año
MW hidroeléctricos	21.934 MW
Producción hidroeléctrica	36.200 GWh/año
AGUAS SUPERFICIALES EXTRAÍDAS	29.791 hm3/año
AGUAS SUBTERRÁNEAS EXTRAÍDAS	5.532 hm3/año
Por habitante	768 m3/hab y año
CONSUMOS	**20,783 km3/año**
Riego	19.275 hm3/año
Uso industrial	329 hm3/año
Uso urbano y doméstico	933 hm3/año
Usos energéticos (refrigeración)	246 hm3/año
Producción hidroeléctrica	—
Por habitante	452 m3/hab y año
POBLACIÓN CON ACCESO A ABASTECIMIENTO Y SANEAMIENTO	100%
AGUA DEPURADA CONFORME	78%
INVERSIÓN ESTATAL EN OBRAS HIDRÁULICAS	1.500 mill €/año
INVERSIÓN TOTAL EN OBRAS HIDRÁULICAS	3.000 mill €/año

Elaboración Propia
Fuente: MARM

1 km3 = 1.000 hm3

Debe plantearse la singularidad española incluso frente al resto de países mediterráneos: En ningún otro país se presenta la gran irregularidad espacial y temporal de recursos hídricos. En ningún otro país los usos del agua son tan dependientes de la alteración del régimen natural de los recursos alcanzado por la acción humana. Y ello debe tenerse en cuenta tanto en la aplicación de la DMA (Directiva Marco del Agua de la UE) como de otras Directivas de contenido ambiental tan importante y de directa influencia en la calidad del medio fluvial y de las aguas continentales como la Directiva IPPC de prevención y control integrado de la contaminación.

PAÍS	RECURSO INTERNO/ POTENCIAL (hm^3/año)	DEMANDA TOTAL/ POTENCIAL (hm^3/año)	ÍNDICE DE EXPLOTACIÓN (tanto por uno)	ÍNDICE DE CONSUMO (tanto por uno)
ESPAÑA	111.186 / 88.949	35.323 / 20.784	0,40	0,23
FRANCIA	185.000 / 148.000	39.657 / 7.044	0,27	0,05
ITALIA	155.000 / 124.000	43.694 / 19.375	0,35	0,16
GRECIA	52.550 / 42.040	7.285 / 5.212	0,17	0,12

También debiera apuntarse y reseñarse determinados aciertos españoles, reivindicando su mantenimiento por su positiva aportación:

- LA SEGURIDAD JURÍDICA
- LOS ORGANISMOS DE CUENCA
- LAS COMUNIDADES DE USUARIOS
- LA GESTIÓN PARTICIPATIVA DEL AGUA
- LA PLANIFICACIÓN HIDROLÓGICA
- EL CONOCIMIENTO TÉCNICO-CIENTÍFICO DE LA REALIDAD
- LA INVERSIÓN EN INFRAESTRUCTURAS HIDRÁULICAS

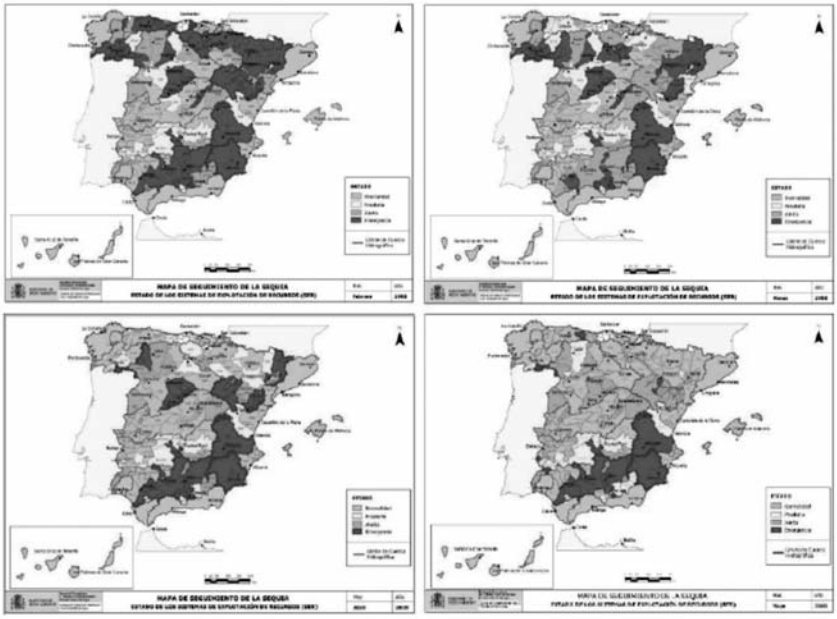
Debiera apuntarse que la demanialización de aguas subterráneas ha sido más bien *de iure* que *de facto*, existiendo graves problemas para el control real de sus aprovechamientos y para que se lleve a la realidad la gestión integrada de recursos superficiales y subterráneos, dada el escaso número de acuíferos tutelados por Comunidades de Usuarios y la dificultad de movilizar recursos de aguas subterráneas para demandas distantes con garantía de que lleguen a destino.

Y debiera significarse que, la realidad de hoy es que, pese a todos los esfuerzos realizados en las última décadas, nuestro país sigue

sometido a los avatares de las sequías e inundaciones, que algunos de nuestros ríos (y masas de agua, superficiales o subterráneas) siguen en precarias condiciones de calidad, y que las condiciones medioambientales de nuestras aguas no están debidamente preservadas, lo que indica que se debe avanzar más en la resolución de la problemática del agua en España.

Si queremos exponer sintéticamente la problemática del agua en nuestro país, a día de hoy, podemos destacar, a efectos de la gestión integral del agua que:

- Numerosos sectores de la sociedad española no valoran la importancia vital del agua, su escasez, y su consideración como bien social, económico y medioambiental.
- El régimen de las aguas en España da lugar a situaciones tradicionales de emergencia de sequías e inundaciones, que constituyen un grave impacto social y medioambiental, y representan importantes pérdidas económicas. Ello es debido al déficit estructural que actualmente existe en determinadas áreas, y a una insuficiente gestión global e integradora del agua.
- Las situaciones de escasez y la existencia de déficit estructurales han producido en diversas zonas de nuestro país condiciones de estrés hídrico que han supuesto importantes afecciones medioambientales, que es preciso solucionar. Asimismo, es necesario y urgente prestar mucha mayor consideración a las



Mapa del estado de la sequía en España, para los meses de febrero, marzo, abril y mayo de 2008

condiciones y características medioambientales y al estado de las masas de agua. En relación con los caudales medioambientales de los ríos, o caudales ecológicos, se han propuesto diversos valores para la fijación de estos caudales, que pueden incidir de manera muy significativa en las demandas medioambientales a contemplar en los Planes Hidrológicos de Cuenca, que habrá que armonizar con las demandas esenciales para otros usos del agua.

- Los crecimientos de las demandas en las últimas décadas, y una política dirigida fundamentalmente a la gestión del recurso, con poco control y acciones sobre la demanda, y costes del agua relativamente bajos, ha conducido a que existan zonas del país con déficit importantes que han necesitado la realización de importantes actuaciones estructurales en obras hidráulicas. Ello ha conducido además a la sobreexplotación de los recursos superficiales y subterráneos con graves afecciones medioambientales.

- Por otra parte la Gestión del Dominio Público Hidráulico es función de las Confederaciones Hidrográficas, organismos autónomos que desde el año 1926 vienen desarrollando una magnífica labor en la aplicación de la Política Hidráulica con la ejecución de las necesarias obras hidráulicas, pero que presentan algunas carencias para aplicar con la amplitud debida todo lo referente a la Gestión del dominio público hidráulico que prescribe la Ley de Aguas, y pide la realidad social y económica. Ello es debido, a nuestro juicio, a una insuficiente dotación y falta de medios humanos, técnicos y económicos.

En este sentido, habrá que plantearse que cualquier política del agua no puede despegarse de la realidad existente y de los aspectos que pueden ser decisivos, tales como:

- La evolución futura de la demanda y la oferta del agua
- Reflexiones sobre la sostenibilidad
- El marco europeo
- Las infraestructuras
- Importancia del agua para los diversos sectores económicos
- Necesidad de integración con otras políticas

No tiene sentido que pasemos de ser acusados de querer, desde la técnica, atar estas cuestiones y querer opinar de lo que no nos corresponde, a hacer elipsis de nuestra responsabilidad profesional y ausentarnos del debate en estos delicados momentos., sin poner encima del tapete nuestros conocimientos y experiencias al respecto atesoradas durante décadas.

Resolver los problemas del agua no es posible con apuestas políticas que dejen de estar basadas en estudios técnicos solventes, ni con complicados estudios técnicos que no sean seguidos por las oportunas decisiones llevadas a la práctica.

En definitiva, no vale cualquier actuación voluntariosa por bien que suene, ni sesudos estudios que nadie con capacidad política haga suyos.

Lo más importante, a mi juicio, a este respecto, sería señalar lo siguiente:

- 1º) Que el agua es una cuestión de Estado, lo ha sido y seguirá siendo. Se debe exigir a las principales fuerzas políticas un Pacto del Agua a nivel nacional, que dé estabilidad a la política de aguas.

Estamos asistiendo a la Politización territorializada del agua. El agua ya no sería de todos, sino del pueblo, de la montaña, o de la Comunidad Autónoma por donde discurren los ríos o donde están los acuíferos, que tiende a apropiarse del recurso y sentirse dueño de decidir su aplicación o uso en lo sucesivo. El agua pasa a ser, no instrumento de cohesión y solidaridad, sino elemento de autoafirmación y posesión. No hace falta traer a la memoria recientes ejemplos que están en la mente de todos nosotros (y no sólo referidos a trasvases). Tengamos en cuenta que si perdemos la unidad de gestión a nivel de cuenca hidrográfica, y las divisiones políticas priman sobre la realidad geográfica y natural, perderemos capacidad de gestionar adecuadamente un recurso natural cual es el agua. Baste un ejemplo: la gestión de avenidas (con tan buenos resultados en los años gracias a la implementación de los SAIH y de la gestión de los mismos por los Comités Permanentes de Avenidas de las Confederaciones Hidrográficas) sería imposible sin la gestión a nivel de cuenca, con organismos de cuenca *ad hoc* y con escala suficiente (amplio ámbito territorial de actuación) para su real eficacia y eficiencia.

No debe asistirse inane al espectáculo de "guerra del agua" suscitada por determinadas autonomías, que ha pasado ya a la redacción de los últimos Estatutos de Autonomía. El agua es un factor clave de ordenación territorial, de solidaridad y de cohesión nacional, y debe evitarse a toda costa esta escalada de despropósitos. La planificación debe ser por cuencas hidrográficas, con la participación ya prevista de todos los actores interesados, y la integración de intereses (y superación de conflictos) que tal participación ha de suponer. Pero el Estado ha de reservarse la capacidad de actuación que le permita asegurar no sólo la integración efectiva de intereses sino la real protección del interés general, evitando la conocida "tragedia de los comunes", la competencia desleal y la protección del medio ambiente.

La clave no es aplicar una co-gestión: es necesario que las Comunidades Autónomas comprendan que necesitan una instancia de concertación superior, a la que cedan y apliquen sus competencias. Y que el Gobierno central comprenda que los organismos de cuenca no son unos órganos descentralizados de la Administración General del Estado, sino auténticos organismos con entidad propia que requieren su decidida tutela y apoyo, y en el que los usuarios y los restantes niveles de gobierno tienen mucho que decir y aportar.

- 2º) Que siendo España un país privilegiado en biodiversidad (por algo será) y con graves dificultades para dotar de agua a los sectores productivos (y con ello, al desarrollo socioeconómico) no puede aplicar la Directiva Marco del Agua (DMA) sin más, sin aplicar el régimen de excepciones que finalmente se previó.

La DMA:

– Establece un marco comunitario de actuación en el ámbito de la política de aguas.

– Tiene por objetivo principal alcanzar el buen estado de las masas de aguas superficiales y subterráneas, protegiéndolas y evitando su deterioro.

– Da un peso muy importante a la protección de los ecosistemas, a la planificación hidrológica, a la gestión integrada del agua, a la gestión por cuenca, a los análisis económicos y a la participación pública.

Por tanto, hablar de gestión integral de la calidad del agua es hablar de la DMA, que es la que va a marcar el futuro próximo de nuestra política del agua.

Al señalarse como objetivo primordial de la Unión Europea en materia de aguas el alcanzar el buen estado de las masas de agua, se va a producir una auténtica revolución en España de la que debemos tomar conciencia lo más rápidamente posible. Si pretendemos, sólo mediante gestión integral más eficaz de la demanda, dar un giro copernicano a esta realidad y alcanzar este buen estado de las aguas sin mermar la atención actual a las demandas de agua, no estaremos sino engañándonos o haciendo un pueril ejercicio de voluntarismo carente de sentido.

No debemos olvidarnos de nuestra realidad particular: ningún otro país de la Unión Europea, ni siquiera en el contexto mediterráneo, tiene los condicionantes climatológicos e hidráulicos de nuestro país, como antes se ha expuesto.

El proceso de negociación de la DMA se vio seriamente afectado por la presión de los países nórdicos que, al hilo de las cuestiones medioambientales y la exigencia de aplicar las Mejores Técnicas Disponibles, así como de aplicar la recuperación íntegra de los costes del agua, veían una vía expedita de mejorar su competitividad frente a los países euromediterráneos. España no debe pecar de ingenua en este sentido, poner a disposición agua con garantía para producir tiene un

coste muy superior al de los países vecinos. Sólo acogerse justificadamente y con racionalidad, sentido común, al régimen de excepciones permitirá evitar la pérdida de competitividad que, soterradamente, está bajo esta cuestión.

- 3º) Que Agua y Energía van muy ligadas y la planificación en ambos sectores debe "hablarse" entre ellas.

Está meridianamente claro en la actual política del agua, donde uno de los principales problemas de la desalación (como antes se le achacó al trasvase del Ebro) es la demanda de energía concentrada para suministrar a las desaladoras.

- 4º) Que se impulse una activa política de mejora de calidad de las aguas, lo que requiere activar efectivamente el nuevo Plan Nacional de Calidad de las Aguas. Su objetivo fundamental es dar satisfacción a las necesidades no cubiertas y futuras en materia de saneamiento y depuración de las Comunidades Autónomas y las Corporaciones locales.

Aunque no debe ser un mero catálogo más de obras declaradas de interés general, sino una auténtica herramienta de gestión de gran potencialidad para el desarrollo de las regiones, qué duda cabe que conllevará la construcción y explotación de numerosas infraestructuras. Este nuevo Plan, partiendo de las dificultades encontradas en años anteriores, deberá enfocar el problema desde las necesidades de encontrar vías de financiación, nuevas fórmulas de gestión y el empleo de una tecnología de depuración adecuada a la tipología de las aguas residuales urbanas a sanear.

- 5º) Quiero alertar sobre una serie de peligros que entreveo y que deberíamos tener muy presentes para no avanzar en una dirección equivocada, que nos llevaría a demorar la solución a nuestros problemas, si no a agravarlos:

– *Olvido del mandato constitucional (art. 130 CE) de que los poderes públicos atiendan a la modernización y desarrollo de todos los sectores económicos, y en particular de la agricultura, la ganadería y la pesca, a fin de equiparar el nivel de vida de todos los españoles, y de dispensar un tratamiento especial a las zonas de montaña*. En una sociedad tan utilitarista y tan urbanizada como la de hoy, en las

políticas del agua hay que ser especialmente sensible y apoyar a las áreas rurales y de montaña, que hoy llevan todas las de perder en un sistema de mayorías. Resulta ética y constitucionalmente indicado que las políticas públicas sean especialmente sensibles a este respecto.

– *Que lo anterior no de cobertura a una explotación ilógica de los recursos naturales y suponga dejar anclado recurso natural no preciso social ni ambientalmente en un sector productivo subsidiado y poco competitivo*. Es decir, que se movilicen adecuadamente, vía mercado del agua y bancos públicos del agua, los recursos hacia los sectores productivos que generan más riqueza.

– *Demonización de las infraestructuras hidráulicas, especialmente de las regulaciones y de los trasvases*. No se puede descartar a priori su oportunidad o necesidad. Tampoco se puede afirmar a priori, pero per se no serán buenas o malas, dependerá de cuándo, cómo, para qué y de qué manera. Sin embargo, hay que partir de un principio de respeto y valoración de lo actuado, que ha permitido atender a un crecimiento socioeconómico realmente importante a lo largo del siglo XX. Y partiendo de un 8% de los recursos naturales que la madre naturaleza nos pone en el tiempo y lugar deseado, la acción tenaz de los hombres del agua ha conseguido que hoy día, en España, disfrutemos del 40% de esos recursos naturales puestos a disposición de las demandas.

– *La falta de ponderación y equilibrio entre las tres facetas del desarrollo sostenible*, de modo que o bien sigamos en una senda desarrollista que no tiene en cuenta las repercusiones para las futuras generaciones por falta de sostenibilidad del modelo, o bien que al hilo de la Directiva Marco del Agua pase a considerarse como un fin en sí mismo el buen estado del agua con olvido total de las necesidades socioeconómicas de nuestro entramado social.

– *La pérdida de objetividad científica y técnica en el proceso*. De modo que cada cual acuda a justificar su postura, decidida por posturas ideológicas de modo apriorístico, sin la mesura y honradez intelectual que se precisan en estas materias tan delicadas. Y que no deberá quedar empañada por una jerga novedosa que difumine o diluya la realidad en afirmaciones misteriosas lejanas a la comprensión del vulgo. Y tampoco por una serie de medias verdades que puedan llegar a constituir la peor de las mentiras y la excusa para la más desacertada de las políticas posibles.

- 6º) Algunas PROPUESTAS ESPECÍFICAS desde un punto de vista técnico:
  Entiéndase que, en este marco general, hay que avanzar en la concreción de propuestas a estudiar y aplicar en lo sucesivo. Por mi parte quiero lanzar a la palestra las siguientes:

– *Enterrar las cifras medias como base de la planificación. Dibujar, estudiar y tener en cuenta dos escenarios distintos con medidas de aplicación igualmente diferenciadas*. Me refiero a la necesidad de que en situaciones de sequía tengamos perfectamente establecidas las medidas a adoptar para tener la base de la demanda que debe estar garantizada al 100% perfecta y totalmente garantizada. Tampoco los caudales ambientales deberán ser los mismos en ciclos de sequía que en condiciones normales.

– *Estudiar la principal demanda de agua (los regadíos) y facilitar su papel activo en los intercambios de derechos de agua, reconociéndoles su esfuerzo de modernización y ahorro como fuente de recursos económicos y origen de satisfacción de otras demandas. Los regadíos como solución y no como problema*.

– *Reforma y potenciación de los organismos de cuenca, evitando la tendencia a su involución*.

4. A MODO DE CONCLUSIÓN

El agua, tan sencilla y tan misteriosa, tan relacionada con el origen de la vida y tan importante para todos nosotros, siempre será merecedora de nuestros mejores esfuerzos intelectuales, científicos, técnicos y sociales. Siempre habrá tarea para todos quienes, desde una posición de servicio a la sociedad y puesta a disposición de la capacidad adquirida, tengamos interés en avanzar nuevas posibilidades y soluciones.

Es necesario actuar para hacer efectivo y real el derecho humano al abastecimiento de agua en las debidas condiciones de calidad y seguridad, y a la provisión de los servicios básicos de saneamiento. Y actuar ya y decididamente, ante el escándalo que supone para nuestra especie los cientos de millones de personas que aún carecen de ello. Y proveyendo agua para el desarrollo sostenible de las diversas regiones y pueblos. No nos falta capacidad ni medios a nivel global. Lo que nos falta es solidaridad y decisión.

Pero hay que actuar con profesionalidad. Los profesionales del agua tenemos una responsabilidad social, clara y directa, de aportar

nuestra experiencia, capacidad y conocimiento para hacer posible este proceso, prolongando e intensificando la magnífica labor desarrollada por nuestros predecesores. Cuando un grifo se abre y de él mana agua, hay mucha ingeniería aplicada hasta entonces… y seguirá otra mucha después. Resolver los problemas de agua, ponerla donde, cuando y para lo que queremos, facilitando su aprovechamiento de manera ambientalmente responsable y adecuada, no es fácil ni inmediato. Domar el agua, siempre caprichosa, siempre irregular en el espacio y en el tiempo, requiere ingenio, aplicar ingenios y obras para su regulación, transporte, conducción, distribución, saneamiento, depuración… Y necesita una gestión integrada de los recursos hídricos, lo cual también requiere particulares condiciones personales y profesionales.

Renovemos nuestro compromiso por el agua y sumemos a toda la gente que quiere abrir horizontes mejores para nuestra sociedad y trabaja con empeño para que el desarrollo sostenible no sea tan sólo una frase afortunada.

ÍNDICE

Presentación.
Juan Velarde Fuertes 11

Agua y cooperación en España.
José María Fluxá Ceva 17

Las precipitaciones: problemas en la adquisición de datos y en su ulterior tratamiento.
Juan José Sanz Donaire 33

Situación actual y proyecciones futuras de las disponibilidades hídricas e la Comunidad de Madrid.
Felipe Fernández García, Alfredo Millán López, Encarna Galán Gallego y Rosa Cañada Torrecilla 77

El agua, razón de estado. Un siglo de regeneracionismo.
Joaquín Bosque Maurel 101

La iniciativa privada y el desarrollo de la industria hidroeléctrica en España. La otra cuestión nacional.
Fernando Arroyo Ilera 145

Los contratos de cesión de derechos al uso del agua.
Antonio Alia Moral 173

La gestión integrada del agua.
Tomás A. Sancho 203

FORO DEL AGUA

MINISTERIO DE FOMENTO

DIRECCIÓN GENERAL DEL INSTITUTO GEOGRÁFICO NACIONAL

9 788461 552856