







*Real Academia  
de Ciencias Económicas y Financieras*

El agua en el mundo-El mundo del agua.  
(El agua en un mundo global y  
bajo el cambio climático)

*Edición bilingüe Español- Inglés*

La realización de esta edición  
ha sido posible gracias a



## Publicaciones de la Real Academia de Ciencias Económicas y Financieras

### Lamo de Espinosa Michels de Champourcin, Jaime

El agua en el mundo—El mundo del agua: el agua en un mundo global y bajo el cambio climático:  
nueva edición bilingüe Español-Inglés/ Jaime Lamo de Espinosa; prólogo de Jaime Gil Aluja

#### Bibliografía

ISBN- 978-84-617-7549-1

I. Título      II. Gil Aluja, Jaime      III. Colección

1. Agua      2. Recursos hidráulicos—Explotación      3. Cambios climáticos

GB671

La Academia no se hace responsable  
de las opiniones científicas expuestas en  
sus propias publicaciones.

(Art. 41 del Reglamento)

---

Editora: © Real Academia de Ciencias Económicas y Financieras, Barcelona, 2017

Académico coordinador: Dr. Ramón Poch Torres

ISBN-978-84-617-7549-1

Depósito legal: B 26929-2016

Nº registro: 2016087118



Acceda a más contenidos en nuestra web corporativa

---

Esta publicación no puede ser reproducida, ni total ni parcialmente, sin permiso previo, por escrito de la editora. Reservados todos los derechos.

---

Imprime: Ediciones Gráficas Rey, S.L.—c/Albert Einstein, 54 C/B, Nave 12-14-15  
Cornellà de Llobregat—Barcelona



---

Esta publicación ha sido impresa en papel ecológico ECF libre de cloro elemental,  
para mitigar el impacto medioambiental

Publicaciones de la Real Academia de Ciencias  
Económicas y Financieras

El agua en el mundo-El mundo del agua.  
(El agua en un mundo global y  
bajo el cambio climático)

*Edición bilingüe Español- Inglés*

PROF. DR. JAIME LAMO DE ESPINOSA MICHELS DE CHAMPOURCIN

Prólogo

PROF. DR. JAIME GIL ALUJA

Barcelona, 2017



El *Elías* de Felix Mendelssohn, estrenado en 1846, comienza bajo el signo del hambre por la falta de lluvias:

*"Elías:* Tan cierto como que el Señor Dios de Israel vive que no caerá en un año ni rocío ni lluvia. Como os lo digo.

...

*Recitativo: Las fuentes se han agotado y los arroyos bajan secos.  
La lengua del lactante se proteja a su paladar, los niños reclaman pan  
y no hay nadie que se lo parta."*

**PALABRAS CLAVE:** Agua, agua virtual, alimentos, aridez, bien económico, cambio climático, cuencas hidrográficas, cultivos, estrés hídrico, gases de efecto invernadero (GEI), hambre, huella hídrica, planes hidrológicos, población, política hidráulica, sequía, tecnología, tierras.



## **EL AGUA EN EL MUNDO-EL MUNDO DEL AGUA**

### **PRÓLOGO**

Es un deber inexcusable iniciar este prólogo con unas palabras de agradecimiento a la Societat General d'Aigües de Barcelona por la inestimable ayuda en la publicación y difusión de este trabajo. Con él iniciamos un periodo de fecunda cooperación que, como ven, ya ha empezado a dar sus frutos.

No menos valioso resulta el eco entusiasta con que ha sido acogida la primera edición de este volumen por la crítica en las más prestigiosas tribunas de nuestra opinión escrita.

Y, entre las numerosas publicaciones que han dado realce público a la labor del profesor Jaime Lamo de Espinosa, merece especial mención la aportación del Presidente de la Real Academia de Ciencias Morales y Políticas, el economista de larga trayectoria y prestigio, Juan Velarde, quien en “El Economista” del sábado 23 de julio de 2016, valoraba el estudio cuya segunda edición ahora presentamos, como “Fundamental, porque aclara muy bien la realidad de esta cuestión en España”.

Abrumado ante la magnitud de uno de los retos más urgentes e importantes al que se enfrentaba la humanidad y que le causó durante toda su presidencia constantes quebraderos de cabeza geopolíticos, el presidente John Fitzgerald Kennedy dejó escrito que “*quien fuere capaz de resolver los problemas del agua, será merecedor de dos Premios Nobel: uno por la Paz, y otro por la Ciencia*”.

Ahora, tras leer y aprender deleitándonos de las amenas páginas que siguen, déjennos añadir humildemente que, si hubiera un Premio Nobel del Agua uno de sus primeros merecedores sería el autor de las mismas, el profesor Jaime Lamo de Espinosa, ilustre Académico de Número de la RACEF, Catedrático Emérito de Economía y Política Agraria de la UPM, Catedrático “Jean Monnet” de la Comisión Europea (UE), Académico de Agricultura de Francia y ex Ministro de Agricultura en los gobiernos de Adolfo Suárez y de Leopoldo Calvo-Sotelo, es decir en La Transición.

Aquí, en “El agua en el mundo-El mundo del agua”, el experto no sólo encontrará un compendio inigualable de cuanto sabemos sobre los desafíos que plantea el primer recurso del planeta, sino también una atalaya privilegiada para otear lo que nos deparará el futuro respecto a la gestión, investigación, conservación y consumo del líquido que hace posible nuestra existencia.

Se trata de una sólida incursión científica a la que sólo un autor como Jaime Lamo de Espinosa podía unir contrastada experiencia y rigor técnico, puesto que acredita ambas sobradamente al haber sido hábil gestor en la materia como Ministro de Agricultura en nuestra joven democracia.

Desde esa importante responsabilidad, Lamo de Espinosa supo conseguir para España las ventajas hoy subrayadas por la más exigente crítica histórica en la negociación -desde 1978 a 1982- del Tratado de Adhesión de España a la Comunidad Económica Europea.

Por si fuera poco, no dudó en poner entonces al servicio de la comunidad internacional su pericia técnica, conocimiento de la materia y demostrada capacidad de gestión al ejercer como Presidente de la Conferencia de Ministros de Agricultura de la OCDE. Y, ya a nivel mundial, al ser elegido Presidente de la XX Conferencia Mundial de la FAO.

Con su lectura, no se le escapará al lector que nos encontramos ante un trabajo científico y técnico excepcional por su planteamiento y sus logros.

En efecto, el volumen que tiene entre sus manos revisa, con ambición crítica, cuanto concierne a la humanidad y al agua, extendiéndose y profundizando cuanto es necesario en el tiempo y en el espacio: desde los antecedentes ilustrados de los albores de nuestra política hidráulica y la gestión de nuestras cuencas a las más precisas y candentes observaciones sobre el cambio climático en el planeta.

No cabe la menor duda que la calidad y profundidad del contraste de opiniones expuestas abarca, por citarles dos ejemplos próximos, desde las observaciones sobre el trabajo de nuestro también Académico de la RACEF y Premio Nobel de Economía, Joseph Stiglitz, a las realizadas sobre la investigación de la también Nobel, Elinor Ostrom.

Y es que la obra, no sólo cumple con perspectiva histórica y visión universal, el objetivo que esta Real Corporación deseaba alcanzar, sino que además, el profesor Jaime Lamo de Espinosa ha conseguido que su trabajo trascienda los límites del debate académico para merecer una audiencia tan amplia como lo son sus intereses y objetivos.

Se trata de un público que nos proponemos alcanzar con la nueva edición del presente volumen y que responderá, estamos seguros, al importante reto que el contenido de esta obra supone.

“El agua en el mundo-El mundo del agua” está destinado a alcanzar un lugar de privilegio como obra de referencia entre los expertos en política hidrológica, gestión hidráulica, políticas agrarias y de regadio, así como entre los ingenieros y ecologistas interesados en unirse, con el mayor rigor y profundidad, al debate mundial sobre la materia.

Pero no sólo el interés se circscribe a estos importantes círculos sino que debe llegar incluso al público que pretenda ante todo instruirse deleitándose. No se puede dudar que las páginas del profesor Lamo de Espinosa han sido escritas, además, con el don del orden y la amenidad que añaden concierto expositivo al más estricto proceder científico.

Encontramos en esta obra todo cuanto atañe “al recurso” por excelencia, al que el autor se acerca desde los más variados ángulos: desde la más completa perspectiva histórica universal a los novísimos conceptos de “huella hídrica”; “agua virtual”; “gestión integral de los recursos hídricos” o, la ya familiar para los gestores globales, “gobernanza del agua”.

No deja nuestro tan ilustre académico ningún flanco intelectual importante por cubrir. Así, se puede constatar que además de repasar las concepciones más vanguardistas de la militancia ecologista, se adentra también con fecunda profundidad en la trascendente aportación del Papa Francisco en su Encíclica Laudato Sí (24 de mayo 2015) al debate medioambiental, enriqueciendo con su visión espiritual cuanto ya había avanzado la ciencia en este terreno en el que está en juego la supervivencia de nuestra especie.

En líneas generales, se puede afirmar que el autor se propone cubrir tres grandes áreas del conocimiento hidrológico: I) El agua en el mundo; II) El agua en España y III) Los nuevos paradigmas del agua. Y, como decíamos, no dudamos en afirmar que cubre con creces los objetivos propuestos. Y ello, no sólo en cuanto a la dimensión global de la empresa, sino también a su ambición histórica.

Si el agua es, como apunta Lamo de Espinosa: “*Un bien limitado, escaso, vital, renovable, frágil e irregularmente distribuido en el plano geográfico*”, su estudio también es vital y renovable, pero en absoluto limitado ni escaso ni frágil y, por lo demás, resulta admirable y armónicamente gestionado en cuanto a lo geográfico.

La utilización, sabiamente administrada, de mapas, gráficos e ilustraciones, complementa con eficacia lo que el texto apunta. Y nos parece especialmente instructiva en cuanto a la comprensión de los graves conflictos geoestratégicos que la desigual distribución del líquido elemento comporta.

Permítannos, a este respecto, expresar nuestra opinión para afirmar que es en la aproximación a la gestión de los recursos hídricos donde el análisis del autor alcanza la excelencia, en especial al estudiar en perspectiva histórica los progresos –y retrocesos- de la revolución verde.

Estamos convencidos de que muchos lectores descubrirán con nosotros en este volumen facetas insospechadas de la gestión hidrológica mundial que les abrirán nuevas perspectivas sobre el progreso mismo de nuestra especie. Para muchos de nosotros este estudio nos obliga a renovar, en algunos aspectos, nuestros supuestos sobre la evolución del hombre en la tierra.

Jaime Lamo de Espinosa trasciende los detalles, que domina, para plantearnos retos como la visión antropogénica del cambio climático y su profunda incidencia sobre la justicia social y las desigualdades en el desarrollo del planeta.

En ese punto debemos saludar, como miembros de la comunidad científica y como seres humanos, el ponderado juicio que al autor le merece la reciente cumbre del clima de París: “*El Acuerdo –sostiene nuestro Académico- es histórico, jurídicamente vinculante, ambicioso, equilibrado para todos, y un logro de la comunidad internacional. No es perfecto para nadie, pero es un éxito para toda*

*la humanidad. Y no es estático, porque se va a ir revisando cada cinco años, cuando se haga balance de dónde estamos y se considere la siguiente ronda de compromisos que siempre tendrán que ser más ambiciosos que los actuales*”. No se puede ser más ponderado en el juicio sin dejar también abierta la esperanza en el futuro de nuestra especie.

Pero, además, el profesor Lamo de Espinosa sabe llegar a esta esperanza descubriendo al lector que no se trata de un logro fortuito, sino que nos encontramos ante el resultado de un largo camino de siglos en nuestra relación con el agua.

*Instruir deleitando*, como recordará el lector, era uno de los lemas más queridos por los adelantados de la Ilustración, y sigue siéndolo para nuestros Académicos, como demuestra el hecho de que sea un objetivo alcanzado aquí por Jaime Lamo de Espinosa.

Y es precisamente de la Ilustración, desde donde arranca con acierto el autor para citar a Gregorio Mayans y Gaspar de Jovellanos, tan queridos en esta Real Corporación y cuya influencia apunta, en sus valiosas observaciones, sobre los antecedentes de nuestra política hidráulica para recabar en los principios –y las obras- del pionero del regeneracionismo agrario, Joaquín Costa.

El autor sabe hallar los vectores que unen la fisiocracia española al pensamiento económico y político imperante en Europa y los primeros antecedentes de política hidráulica en el reinado de Carlos III ante las necesidades que planteaba nuestra expansión demográfica a finales del S. XVIII. Había más bocas que alimentar y sólo la planificación del regadío podía lograrlo. En este contexto, la planificación y construcción de los canales fluviales se revelan en toda Europa como eficaces vías de comunicación que harán posible las revoluciones industriales. España no es ajena a este progreso.

Jaime Lamo de Espinosa ha demostrado, una vez más, su capacidad de detectar entre la vasta y rigurosa bibliografía que maneja la cita preciosa y precisa de Joaquín Costa, quien, a principios del siglo pasado, anticipa con acierto la realidad de la agroindustria aragonesa y catalana: “*Nuestros principales artículos de exportación han de ser y principian a serlo las frutas*”. Y en otros lugares apuesta también por la expansión del viñedo y del olivar.

No nos parece menos acertado el apunte del autor cuando calibra con precisión la influencia de David Ricardo y su Teoría de los Costes Comparativos en esta lúcida apuesta de Joaquín Costa por el abandono de nuestra obsesión histórica por el cultivo cerealista, con el que España competía en desigualdad frente a las grandes llanuras europeas, para aprovechar las inigualables condiciones que la fruta, las hortalizas, el viñedo y el olivar, tenían para crecer en nuestra península.

En la misma línea, nuestro Académico sabe detectar, con acierto, a través de los tres siglos posteriores y hasta nuestros días las líneas magistrales de influencia que, en cuanto en política agraria e hidráulica, se han ido imponiendo: primero entre nuestros vecinos y cada vez más en todo el planeta, puesto que también el agua viene siendo ya un recurso que se concibe como planetario.

Permítasenos dedicar una especial atención a sus autorizados comentarios sobre las directivas europeas en la materia, bien conocidas por el autor en sus más íntimos entresijos, y cómo éstas condicionan nuestras políticas hidráulicas posteriores.

Y damos, desde esta Real Corporación, nuestro pleno apoyo a Jaime Lamo de Espinosa cuando propone un “Gran Pacto de Estado del Agua” que evite los recurrentes roces y conflictos entre territorios para conciliar con la mayor eficiencia nuestras políticas hidráulicas y agrarias.

Así mismo, consideramos que sus apuntes sobre las nuevas desaladoras deberían ser tenidos muy en cuenta por los legisladores, ejecutores, y gestores de las plantas que están revolucionando nuestro mapa hídrico. Animamos desde aquí al mundo académico en general y a cuantos tengan el privilegio de leer este texto a que utilicen el valioso material que contiene en el debate público. Así se loaremos notar nosotros desde esta Real Corporación.

Creemos deber de honestidad confesar al lector, aquí, que tanto “agua virtual” como “huella hídrica” han resultado conceptos novedosos para nosotros, pero también que su conocimiento ha mejorado y puesto al día nuestra concepción del medio ambiente de acuerdo con las últimas tendencias en la investigación ecológica de las que son pioneros Allan y Hoekstra.

Les invitamos, por tanto, a que compartan con nosotros, de la mano de Lamo de Espinosa, esta renovación de nuestro acervo científico que centra hoy el debate medioambiental en todo el mundo.

Hace años que Jaime Lamo de Espinosa vaticinó con acierto: “*La agricultura española será de riego o no será*”.

Y el vaticinio se va cumpliendo, entre otras cosas, por la influencia que nuestro Académico ha ido ejerciendo entre los pensadores de nuestras políticas del agua aquí y en todo el mundo.

Permítanme acabar ahora haciendo partícipe a nuestra Real Corporación de los diez principios que apunta el profesor Lamo de Espinosa para responder al mayor desafío medioambiental al que se enfrenta la humanidad en este milenio que comienza.

El progreso exige cada vez más riegos, que son los principales consumidores de agua en el mundo, y los estados deben garantizar a los ciudadanos el agua que precisan. Así que necesitamos una agricultura climáticamente inteligente capaz de adaptarse a los cambios, las sequías y que sea potenciada por una gestión eficiente asumiendo el principio de unidad de cuenca y, en España, del Gran Pacto de Estado del Agua.

Déjenme también, en fin, que brindemos con humildad y convicción, junto con todos quienes forman parte de la Societat General d’Aigües de Barcelona, nuestro apoyo, por la publicación de la segunda edición de este volumen que tienen entre sus manos, para convertir el Decálogo del Agua del profesor Jaime Lamo de Espinosa en políticas y realidades que aseguren la mejor gestión de “el recurso” que hace la vida posible.

Jaime Gil Aluja  
Presidente de la Real Academia de Ciencias Económicas y  
Financieras de España



# Índice

## Introducción

### I.- El agua en el planeta tierra.

- I.1.- *El agua en un mundo global.*
- I.2.- *Los conflictos del agua: el “oro azul”.*
- I.3.- *Agua vs. Seguridad Alimentaria: tierras ->hambre.*
- I.4.- *Frente a la escasez de agua y tierra: soluciones.*
- I.5.- *Agua y cambio climático: una visión antropogénica.*
  - a) *El agua en la Laudato Sí.*
  - b) *La Cumbre del Cambio Climático en París (COP21).*
  - c) *Cambio Climático, agua y agricultura.*
  - d) *Cambio Climático, agua y ganadería.*

### II.- El agua en España.

- II.1.- *Desde la Ilustración a la mitad del s. XIX.*
- II.2.- *De Jovellanos a Joaquín Costa: nace la política hidráulica.*
- II.3.- *La política hidráulica en el siglo XX y XXI en España y Europa.*
  - a) *Del inicio del s. XX al XXI.*
  - b) *Las cuencas hidrográficas.*
  - c) *La Directiva Marco Europea del Agua y los Planes Hidrológicos de Cuenca.*
  - d) *La Directiva Marco Europea del Agua y los abastecimientos urbanos.*
  - e) *Las aguas subterráneas y las desaladoras.*
  - f) *El agua, el riego y el cambio climático.*

### III.- Nuevos paradigmas.

- a) *El agua como bien económico, escaso y global.*
- b) *El “agua virtual” y la “huella hídrica”.*
- c) *El comercio mundial de “agua”.*
- d) *El precio del agua.*
- e) *Gestión Integrada de Recursos Hídricos*
- f) *Invirtiendo en “agua”.*

### IV.- Reflexiones Finales.

### Bibliografía.



## Introducción

Este libro, lector, que tienes entre tus manos, fue editado el pasado 2016 por la Real Academia de Ciencias Económicas y Financieras de España. Vivíamos el año del “agua” y la Academia no quiso permanecer ajena a tal efeméride. Ahora, se reedita, corregido y aumentado, con ocasión, nada menos, que del 150 aniversario de Aigües de Barcelona SA.

El agua es un recurso limitado, escaso, vital, renovable, frágil e irregularmente distribuido en el plano geográfico. Y es un recurso de singular trascendencia para asegurar una población mundial bien alimentada y habitacionalmente saludable.

Según NU el mundo en el año 2050 contará con 9-10.000 millones de habitantes. Esa población debe ser bien alimentada, sin problemas de desnutrición. Y, al tiempo, más de un 60% de la población mundial vivirá probablemente en núcleos urbanos que deben ser debidamente abastecidos. Las necesidades de agua para el riego, para la agricultura, absorben hoy un 70% de recurso mundial y las necesidades de agua para usos urbanos consumen hay prácticamente el resto, un 30%, aprox. Hoy la distribución geográfica del agua en el mundo revela numerosas zonas con estrés hídrico permanente ocasional. Esta tendencia exige considerar el recurso a nivel mundial y establecer unos nuevos principios para su gobernanza.

Siempre ha habido, y hay, conflictos con el agua entre territorios limítrofes de las grandes corrientes y ríos. Van a seguir existiendo. El Presidente Kennedy afirmó en su día que “quien fuera capaz de resolver los problemas del agua, será merecedor de dos Premios Nobel: uno por la Paz y otro por la Ciencia”.

En lo que atañe a la agricultura la FAO nos dice que en 2050 será necesario disponer de un 60% más de alimentos. Dado que el recurso “tierra”, medido en hectáreas de cultivo, tanto en números absolutos como en términos relativos per cápita, viene disminuyendo sin cesar y el recurso “agua” también lo hace en términos per cápita,

será necesario convertir aquellas hectáreas en superficies agrícolas más eficientes y productivas, con más altos rendimientos. La única variable de ajuste que permite esa evolución es el riego (junto a la genética) puesto que será difícil, en función de las obligaciones que exige el cambio climático, considerar aportaciones adicionales a las actuales en materia de fertilizantes o fitosanitarios. Y ello precisa, además y complementariamente, una creciente modernización de los sistemas de riego.

La apetencia de las tierras regadas es tal que tanto los fondos de inversión privados como los fondos soberanos llevan una década invirtiendo en tierras regables en el mundo. Los primeros, los privados, tratando de obtener la máxima rentabilidad. Los segundos, los soberanos, tratando de disponer de una base alimentaria con la que, en momentos de crisis, poder abastecer sus propias poblaciones. Pero ambos configuran una presión inversora sobre las tierras regables de considerable importancia.

Por lo que atañe al agua con destinos urbanos es preciso señalar que el creciente proceso de urbanización mundial hará que estos consumos crezcan sin pausa en las próximas décadas. Y ello exige una mayor racionalidad de su uso, evitar cualquier tipo de pérdidas en las redes urbanas de distribución (hoy se estima en un 30%) y lograr el máximo grado de depuración de todas las aguas residuales. E iguales principios cabría aplicar para la utilización del agua en la industria.

Es por todo ello que la visión del agua, como recurso escaso, está cambiando en el mundo a medida que la presión demográfica se incrementa. Nuevos paradigmas inspiran o deben inspirar, nuevas políticas. Los conceptos de “agua virtual” (A. Allan, 1993) o de “huella hídrica” (A. Hoekstra-2002), nos dicen mucho sobre el uso cotidiano del agua y sobre la procedencia del agua consumida por cada nación. Y así vemos que algunas son, en términos de balanza comercial, importadoras o exportadoras netas de agua. Un país con estrés hídrico permanente debería orientar su modelo productivo para ser importador neto y no a la inversa. Puede que en décadas estos conceptos arrastren cambios significativos en las políticas nacionales y globales del agua.

Como se ve, una nueva manera de analizar y considerar el agua en el mundo y el mundo del agua se impone y ello deberá arrastrar a unos nuevos principios para la gobernanza universal y nacional del agua.

*Jaime Lamo de Espinosa*

## **I.- El agua en el planeta tierra.**

### **I.1.- *El agua en un mundo global.***

Hablemos pues del agua en el planeta. El agua es hoy un bien limitado, escaso, vital, renovable, frágil e irregularmente distribuido en el plano geográfico. Un recurso por el que, todavía en este siglo, se lucha y es causa de conflictos.

Además el volumen de agua en el mundo es un valor constante. Disponemos de la misma cantidad de agua que existía hace millones de años, no más. Y de ella depende la conservación de la vida vegetal, animal y humana en un mundo cada vez más densamente poblado. Si bien el agua dulce de los hielos árticos y antárticos está fundiéndose, por el cambio climático, en proporciones no conocidas hasta ahora y pasando a integrarse en las aguas saladas del mar.

Sólo el 2,5/3% de los recursos hídricos del mundo es agua dulce o “agua azul”, entendiendo por tal el agua de ríos y lagos así como el agua subterránea. Y de estos 35 millones de km<sup>3</sup> de agua dulce o azul, un 69/70% son hielo. Así que el agua disponible es sólo el 0,77% de los recursos hídricos totales<sup>1</sup>. Y en

su mayor parte son aguas subterráneas. De los 119.000 km<sup>3</sup> de agua de precipitación anual, unos 45.000 km<sup>3</sup> son “agua azul”, el resto, un 62% es “agua verde” o agua del suelo que experimenta la evapotranspiración. (Llamamos “agua azul” al volumen de agua dulce, es decir, aguas superficiales y subterráneas; “agua verde” el agua evaporada de los recursos hídricos del planeta y “agua gris” -Hoekstra- 2013- el volumen de agua contaminada que se asocia con la producción de los bienes y servicios). Y los recursos hídricos renovables por habitante son muy variados según países y regiones. España se encuentra entre los que sufren “estrés hídrico ocasional o localizado” según AQUASTAT, que sólo tiene en cuenta el “agua azul”.

En cuanto al recurso o “agua azul”, debemos ser conscientes de: a) su irregular reparto geográfico, b) sus diferentes usos y c) el enorme peso del recurso en su uso agrario para la producción de fibras y alimentos para combatir el hambre.

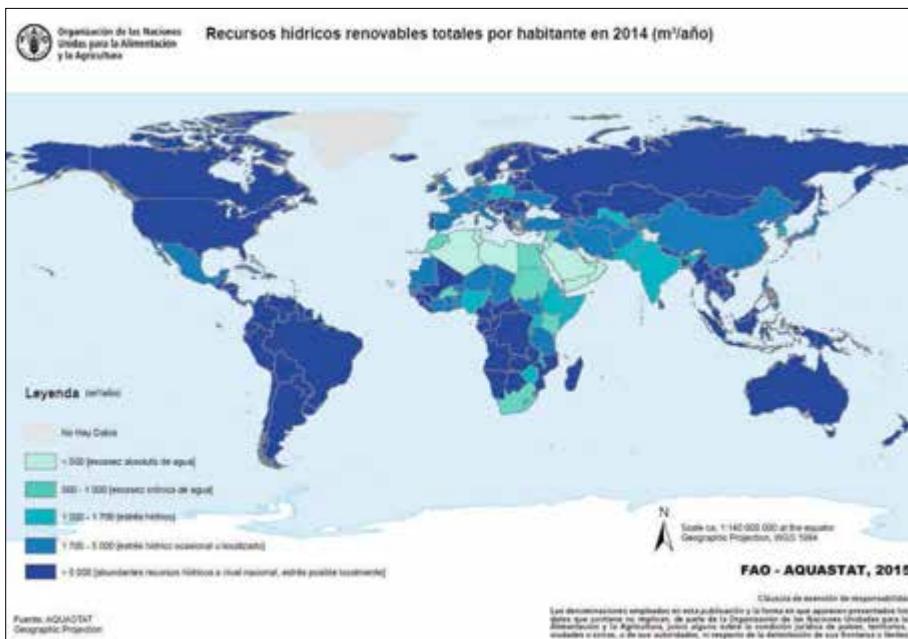
---

1. FAO. AQUASTAT.2015

Tratemos estos temas:

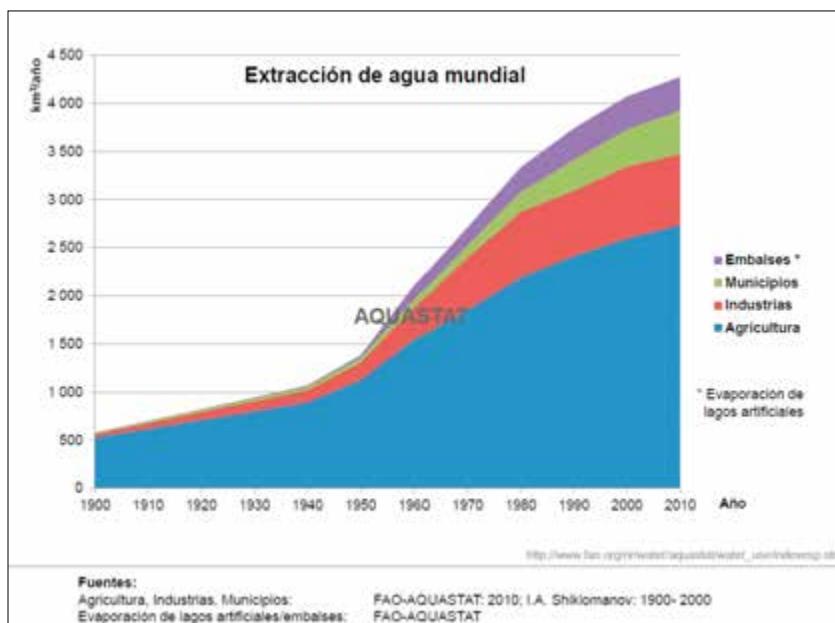
a) Geográficamente esos 45.000 km<sup>3</sup> por año de “agua azul”, se distribuyen territorialmente de modo muy variable: casi 6.000 m<sup>3</sup>/habitante/año en el conjunto mundial, pero solo 2.345 en África, 2.756 en Asia, frente a 8.846 en Europa y 20.259 en América. En nuestra Europa Mediterránea tan solo 3.096 m<sup>3</sup>/hab y año. Y en cuanto al volumen total del recurso el Gráfico nº 1 es bien revelador de las áreas mundiales donde tal índice determina la calificación de país o Estado con dotación de “escasez absoluta”, “escasez crónica”, “estrés hídrico” o “estrés hídrico ocasional”. Son grandes zonas del mundo. Tan solo se libran de esa calificación y entran en “zonas de abundantes recursos hídricos y estrés ocasional”, Australia, buena parte de las dos Américas, gran parte de Rusia y China, algunos países del Norte de Europa y algunos otros de África. España se sitúa en zona de “estrés hídrico ocasional”.

Gráfico Nº 1



b) Respecto a los usos o consumos del “agua azul”, casi el 70% de esos volúmenes se destinan a la agricultura para producir alimentos. El resto se aplican a usos urbanos (12%) o industriales (18%). En la Europa Mediterránea, la parte agraria absorbe menos, el 52%, extrayendo unos 91 km<sup>3</sup>/año de agua dulce para el total de necesidades. La extracción mundial de agua demuestra, pues, que el gran consumidor de la misma, muy por encima de los usos industriales o urbanos, es la agricultura (Ver gráfico nº 2)

**Gráfico N° 2**



c) Y sobre la distribución agraria de las superficies regadas, recordemos que a finales de los años 90 del siglo pasado, **Norman Borlaug**, Premio Nobel de la Paz, por sus trabajos en genética vegetal y por ser el padre de la Revolución Verde- nos decía: “*La agricultura de regadio -que es responsable del 70% de las extracciones mundiales de agua- cubre sólo el 17% de las tierras cultivadas (unos 270 millones de hectáreas) y contribuye con casi el 40% de la producción alimentaria mundial. La superficie mundial de regadio se ha duplicado entre 1961 y 1996 -de 139 a 268 millones de hectáreas*”<sup>2</sup>. Esa superficie ha pasado, desde aquella fecha -1996- a hoy a

2. Norman E. Borlaug y Christopher Dowswell. El agua y la agricultura: una visión sobre la investigación y el desarrollo en el siglo XXI”. Madrid 1999.

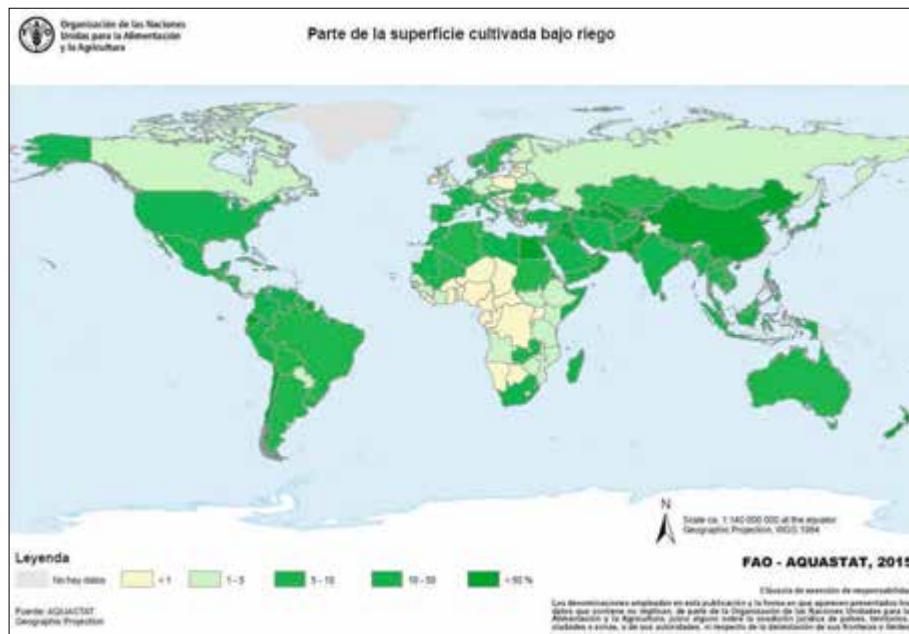
324 millones de has. regadas en el mundo, un 20,8% de la superficie cultivada, cifras que en Europa son 25,7 millones de has (8,9%) y en Europa Mediterránea 10,4 millones (un 31,1%)<sup>3</sup>. Pero ese 20,8% de la superficie cultivada mundial produce más del 40% de la producción agraria. La agricultura es, pues, el sector que más “agua azul” consume: 70% de las extracciones mundiales y el agua es, en consecuencia, el recurso básico para asegurar la alimentación mundial.

Como se ve en el gráfico nº 3, esas superficies regadas se distribuyen en el mundo de modo muy irregular: 2/3 de esos 324 M. has. están concentradas en tan solo cinco países: China, India, Pakistán, Rusia y EEUU. En los tres primeros las tierras regadas aportan más del 50% de su producción de alimentos. Y de esos 324 M has. un 25% se hallan en los países desarrollados. Pero, en estos países, la expansión del regadío está siendo frenada por el uso industrial, el crecimiento urbano y una mayor demanda de consumo en las grandes ciudades para el hábitat y el ocio. Y no olvidemos que el alto grado de concentración urbana hace que el consumo urbano, ciudadano, en el hogar, crezca exponencialmente (hoy es de unos 140 l/hab y día en España). Y la legislación más generalizada considera tales demandas como prioritarias frente a las agrarias.

---

3. FAO.AQUASTAT.2014- Datos de 2012.

**Gráfico N° 3**



El regadío está, sin duda alguna, detrás del éxito de la carrera de los alimentos frente a las demandas de una población creciente en el último cuarto de siglo. Incluso en algunos países su exportación agraria se basa totalmente en la producción de regadío. Es el caso de Chile donde el 36% de su superficie, que es regada, produce toda su exportación agraria. Y en Europa, países como España, Italia o Rumanía mantienen en riego unos 2/3,5 millones de has. que representan entre el 16 al 30% de su superficie agrícola. Pero en ellos la mayor parte de su producción agraria procede de tales regadíos.

### **I.2.- Los conflictos del agua: el “oro azul”.**

Se atribuye a **J.F.Kennedy** la frase: “*Quien fuere capaz de resolver los problemas del agua, será merecedor de dos Premios Nobel, uno por la Paz y otro por la Ciencia*”. Tenía razón. Porque la situación mundial del recurso amenaza con ser muy compleja y quizás, muy *in extremis*, hasta bélica. No nos puede extrañar en España donde se ha luchado y matado por el agua durante siglos y donde, para evitar conflictos, se estableció el famoso Tribunal de las Aguas, para que, ante él,

dirimieran los regantes de las acequias del Turia sus diferencias. La idea de las guerras del agua nació inicialmente del egipcio Butros Galli por los problemas que el alto Nilo creaba en Egipto. A finales del siglo pasado fue especialmente difundida por Ismail Serageldin, vice presidente de Banco Mundial y actual Director de la Biblioteca de Alejandría. Pero la idea ha ido perdiendo fuerza por los escritos de Aaron Wolf.

En el mundo hay 257 cuencas hidrográficas compartidas por varios países y un 40% de la población mundial vive sobre esos ríos internacionales. Y numerosos acuíferos subterráneos están en la misma situación. Además muchos de tales países viven en la pobreza, con problemas alimentarios graves y una carencia de agua que sería insoportable a ojos de los habitantes de los países desarrollados. Millones de mujeres en África caminan varios kilómetros diarios para llevar a sus casas un par de cántaras de agua y esa dotación es la de toda la casa para todo el día. Además la calidad del agua discurre inversamente respecto al cauce. El agua de las tierras agrícolas situadas aguas arriba, contaminan, a veces, con altas dosis de abonado y evacuaciones indebidas y no controladas, a los usuarios de aguas abajo. Y las consecuencias de ello alcanzan al resto del mundo. Una buena parte de las migraciones mundiales actuales y, desde luego, parte de las que vemos día a día en las pateras del Mediterráneo, son “*migraciones medioambientales*”, concepto iniciado por **Lester Brown** en 1976<sup>4</sup>, en parte causadas por la carencia de aguas.

Varios ejemplos nos ilustran sobre este grave problema<sup>5</sup>:

- la lucha constante entre Israel y Palestina sobre los recursos hídricos de Cisjordania y la franja de Gaza;
- los conflictos sobre el Tigris y el Eúfrates entre Turquía, Siria e Irak;
- los problemas entre Mozambique y Zimbabwe sobre el río Zambeze;
- los varios conflictos que se suscitan sobre el Nilo, donde Sudán y Egipto luchan para que no se construyan varias presas que afectarían a sus caudales;

---

4. Brown, L; McGrath,B; Stokes,B. 22 dimensiones de los problemas de población. Worldwatch Paper 5. Washington DC. Worldwatch Institute. 1976

5. Los ocho conflictos que podría causar el agua. [http://www.teinteresa.es/mundo/conflictos-podria-desatar-agua\\_0\\_1076293774.html](http://www.teinteresa.es/mundo/conflictos-podria-desatar-agua_0_1076293774.html)

- entre Mali y Nigeria por el problema de la presa inmensa de Akosombo – el lago artificial más grande del mundo- en el río Volta;
- los conflictos internos de China donde su zona Norte alberga las 2/3 partes de sus tierras de cultivo pero solo 1/5 de su recurso y el incremento notable de sus ciudades e industrias absorben buena parte de esos recursos impi- diendo el riego de sus tierras mejor posicionadas.;
- Latinoamérica donde la escasez del recurso ha generado incidentes entre
  - Bolivia y Chile por el lago Silala, o
  - el derivado del acuífero Guaraní, la 3<sup>a</sup> mayor reserva de agua dulce del mundo, que es un potencial foco de conflicto entre Argentina, Brasil, Paraguay y Uruguay; y tantos más que podrían citarse.

Las previsiones de **Fernández-Jáuregui**<sup>6</sup> son que, en 2025, Europa Occidental tendrá más población sometida a estrés hídrico que carente de estrés. (Y dentro de Europa hay que decir que España es sin duda el país más árido de la UE, aunque el problema del agua en España sea -como se verá- de gobernanza). Y lo mismo ocurrirá en Pacífico, China y Sudeste asiático. Por el contrario las Américas -Sur, Norte y Central-, África, Rusia y los viejos territorios de la URSS estarán en régimen de bajo o nulo estrés. Los focos potenciales de conflicto están pues en el primer grupo mencionado.

Pero además, cuando llegan las sequías surgen conflictos permanentes entre regantes, otros usuarios y ecologistas. Es el caso, actualmente, de California donde, afectados por El Niño, está sufriendo ya su quinto año de sequía. Los lagos HV Eastman y Hensley están casi secos y con todo ello se han reiniciado viejos pleitos latentes entre unos y otros demandantes de agua. Desde el 1 de abril de 2015 hay restricciones de agua y el Gobernador de California ha llegado a proclamar que están ante una “sequía histórica”. Otros problemas afectan al delta de los ríos Sacramento y San Joaquín. Y ello genera un gran debate sobre los derechos de agua.

---

6. Fernández-Jáuregui, Carlos A. El agua como Fuente de conflictos: repaso de los focos de conflicto del mundo”. Fundación CIBOV. Afers Internacionales. N° 45-46. Pags. 179-194

Hay pues un problema sobre el uso del agua, su propiedad y los derechos del agua y sus precios (nos referiremos a esta cuestión más adelante). Nadie lo ha expresado mejor que **Uri Shamir**, cuando, refiriéndose al problema Israelí afirmó: "*Si existe voluntad de paz, el agua no será un impedimento, si se desean razones para luchar, el agua ofrecerá amplias oportunidades*"<sup>7</sup>

### **I.3.- Agua vs. Seguridad Alimentaria: tierras->hambre.**

Y el agua nos lleva a la Seguridad Alimentaria, tema este de tan frecuente debate en el seno de FAO. La seguridad alimentaria en volumen, no solo en calorías o nutrientes, es un objetivo prioritario de cualquier estado, ahora y en cualquier momento de la historia. Una seguridad alimentaria que solo se logra disponiendo de los recursos necesarios para obtener los alimentos que precisa la población concernida. Y esos recursos son, a la postre, tierras y agua.

La población ha crecido siglo a siglo pero el salto del último fue espectacular. La producción de alimentos se acompañó al aumento demográfico en muy buena medida. ¿Cómo se logró? Puede afirmarse hoy, que el siglo XX no expansionó la producción agraria mediante un aumento significativo de la superficie de la tierra. Al contrario esa superficie medida en has/ por habitante se ha contraído. Y, aún más en los países desarrollados por la urbanización y la industrialización. Y, si bien los riegos fueron una pieza importante del desarrollo agrario durante la segunda mitad del siglo XX, también la ciencia y la tecnología contribuyeron a mejorar la dotación de alimentos global y por habitante. Desde los tiempos de **Malthus** la población se ha multiplicado por cinco, la producción de cereales por diez y la riqueza por veinte. Hay más población, sin duda, pero con niveles de vida insospechados para la época.

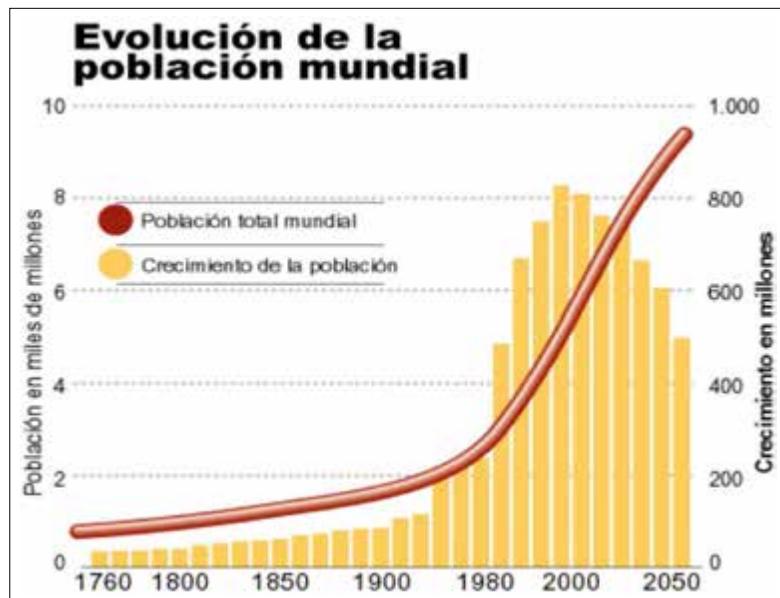
Y la pregunta es, si el riego tiene hoy mucho o escaso sentido en un mundo global sometido a tensiones crecientes por el crecimiento de la población, con mayores demandas alimentarias y con un cambio climático amenazante. El mundo, según UN, tendrá unos 9.000 millones de habitantes en 2050 (gráfico nº 4). Esa población requerirá no menos de un 60% adicional de alimen-

---

7. Citado por Steve Lonergan. *Watershed: The Rule of Freshwater in the Israeli-Palestinian Conflict*. IDRC Books. 1994.

tos sobre las cifras de consumo actuales. Y ello exigirá más tierra, más agua y más tecnología para responder a tres desafíos: el del abastecimiento, el de la reducción de la pobreza y el de la gestión de los recursos naturales, en un escenario sometido a un cambio climático creciente. ¿Es posible? ¿Será cierta la premisa del aumento de población? Algunos expertos lo dudan, creen que, probablemente, crecerá menos de las previsiones mundiales normalmente utilizadas o incluso decrecerá en los próximos decenios...

**Gráfico N° 4.- Evolución de la Población Mundial**



En todo caso, a las cifras de oferta y demanda de alimentos en el mundo, que se manejan habitualmente, hay que añadir un factor nuevo: se estima que un 30% de los alimentos producidos en el mundo no llegan al consumo, se pierden, porque se deterioran o destruyen en el camino entre la explotación agraria y el consumidor. Incluso muchos alimentos que llegan a la gran distribución son eliminados, siendo todavía aptos para el consumo, por el anómalo manejo y sentido de las fechas límites de caducidad o vida útil. Ni qué decir tiene que resolver esta cuestión con inteligencia restaría muchas sombras de penuria sobre los análisis más usuales.

Durante el último cuarto del pasado siglo, incluso en este, hasta la gran crisis de 2008, parecía que vivíamos en el planeta de la abundancia. Las grandes necesidades del hombre estaban satisfechas. De acuerdo con la pirámide de **Maslow** habíamos superado las etapas iniciales y casi alcanzábamos la etapa de autorrealización. Desde luego el hambre y la sed era algo lejano, prácticamente sólo afectaba a una parte escasa de la población mundial. La FAO planteaba sus programas de futuro con visión optimista y el número de desnutridos se reducía año tras año. No era el “mundo feliz”, sin duda, (todavía tenemos 800 millones de desnutridos según FAO en 2015) pero tampoco parecía que el fantasma malthusiano se estuviera cumpliendo ni que hubiera trazas de ello.

Y sin embargo, de modo súbito, al menos aparentemente, una fuerte ola de escasez de alimentos invadió el planeta en los años 2008 y 2011 advirtiéndonos de nuestra propia fragilidad climática. Los grandes productos que dominan el comercio mundial, trigo, maíz, soja, cacao, café, azúcar, ... casi doblaron sus precios en aquellos años. Y los altos precios, debidos a su escasez, produjeron revueltas, agitaciones, manifestaciones, etc. de poblaciones hambrientas que de pronto vieron desaparecer de sus mercados su dieta básica por su nula presencia o por sus precios inalcanzables. La “Primavera árabe” (Sudán, Egipto, Túnez, Libia, Argelia, ...) fue el fruto de esa coyuntura alcista, de esa “llamarada de precios”, que el Baltic Dry Index ya nos había anticipado. Incluso los precios fueron tan atractivos y sus curvas de crecimiento tan esperanzadoras –para otros- que rápidamente se crearon fondos financieros basados en materias primas que especulaban así con los futuros de los alimentos. Con futuros alimentarios se podía ganar más que con cualquier otro activo financiero. Otro tanto sucede con el papel que juegan las grandes compañías del agua en las bolsas donde cotizan.

Y en los momentos actuales (diciembre 2016) se aprecia, una vez más, un cierto cambio en los precios internacionales de los cereales que están situando los futuros en posición alcista y ello pese a las buenas cosechas de invierno y de primavera habidas. ¿Qué lo explica? Solo que un consumo global crecientemente insaciable está contrarrestando dicha oferta. Y es que debemos acostumbrarnos a que, como ya se ha indicado antes, la demanda global de alimentos crezca al menos en paralelo, si no más, con el incremento demográfico.

El mundo dispone de muy poca superficie, poca tierra, excluidos montes, cordilleras, etc., apta para ser cultivada, solo el 12%. Porcentaje que se reduce hasta un 5% en África subsahariana, al 10%, en las Américas, o crece al 17%, en Asia y al 13% en Europa, aunque es el 30% en Europa Occidental y Mediterránea<sup>8</sup>. Hay poca tierra y estamos llegando a los límites de su explotación sin incurrir en fuertes desforestaciones, lo que debe impedirse en razón del cambio climático y de la necesidad de disponer de cubiertas vegetales que absorban el CO<sub>2</sub> y emitan O<sub>2</sub> a la atmósfera.

Ello nos pone de manifiesto que hoy tenemos una nueva situación de desequilibrio entre <<tierras-agua-alimentos-población>> que se basa en lo siguiente:

- a) Fuerte competencia por el uso de la tierra del binomio “cereales - oleaginosas” con destino a biocombustibles de 1<sup>a</sup> generación frente a los destinados a alimentos. Unos 80/100 M tm de maíz USA se destinan a biofuel, es decir 1/3 de su producción. En Brasil es mayor la proporción. Europa lo hace con sólo un 5% de todos los cereales cultivados. Pero es evidente que cada ha. consagrada a biocombustibles es una ha. que se sustrae de la oferta alimentaria. Esto plantea un debate ético sobre el destino adecuado de las has. agrícolas. Parece que la Comisión Europea camina hacia la supresión gradual de los biocombustibles pese a que estos forman parte de la bioeconomía y del crecimiento ‘verde’ y ayudan a diversificar la fuente de ingresos de los agricultores. Como se ve son dos caras de la misma moneda.
- b) Fuertes aumentos en demandas de productos alimentarios que nada tienen que ver con los biocombustibles. Por ej. leche y carne. El consumo medio de ternera en China por habitante son 5,4 kg., frente a 17,5 en Europa y allí solo se consume 10,4 l. leche por habitante y año frente a 68 l. en Europa. Las demandas de países como China o India se están occidentalizando en cuanto a patrones de consumo. Si sus consumos se igualaran a los de la UE obligaría a quasi duplicar -según algunas estimaciones- la producción mundial en muchos subsectores. ¿Es posible?

---

8. FAO.AQUASTAT. 2014. Datos de 2012.

- c) Además de los productos alimentarios, pero siempre en los agrarios, los textiles también están viendo crecer sus demandas y precios. Por ejemplo el algodón. Nuevamente hay que mirar hacia China que es hoy líder en producción textil y, a su vez, el mayor importador de algodón del mundo.
- d) Grandes incrementos en la demanda de alimentos inusuales antes en la dieta asiática y más acentuadamente en China e India se están registrando y, al tiempo, una mayor presión en la demanda de trigo o en alimentos tradicionales como el arroz. Todo ello debido a varias concausas:
- un fuerte aumento del PIB (básicamente China hasta este comienzo de 2016<sup>9</sup>) y de su renta per cápita,
  - aumentos considerables de las tasas de población urbanizada y, a medida que ésta crece y diversifica y occidentaliza su dieta, por efecto, no sólo de la producción interna, sino desde luego por las importaciones.
- Lester Brown** ya anunció en 2008 que la urbanización de China crearía un problema alimentario mundial porque generaría una escasez global<sup>10</sup>,
- la población rural sigue siendo de 650 millones de personas con una renta que es la mitad de los ingresos urbanos.
- e) El caso de China es paradigmático: es el primer país agrario del mundo con solo el 8% de las tierras arables y el 6% de las fuentes renovables de “agua azul” del planeta, recursos demasiado escasos para alimentar al 20% de la población del mundo<sup>11</sup>. Y, sin embargo, es un enorme país con 9,5 millones de km<sup>2</sup> de superficie, pero sólo dispone 121,7 millones de has. arables.

Lo expuesto vale para comprender mejor cómo la crisis china actual -2015/2016- está influyendo sobre la demanda global de petróleo, alimentos y

---

9. La tendencia a la baja del crecimiento del PIB de China es muy patente desde el año 2010, año en el que su tasa interanual rozó el 12%, y que se encuentra actualmente situada en torno al 5/6 %, en tanto la mundial se mantiene alrededor del 3%. Es evidente que la economía China camina hacia un nuevo modelo que va a ralentizar sus exportaciones y su demanda interna, que cae arrastrada por la reducción de sus inversiones y de la actividad industrial. Igual ocurre con el consumo privado.

10. Lester Brown. (<http://blogs.periodistadigital.com/dinero.php?cat=6044>)

11. Por eso, China pretende aumentar su SAU en 7 millones de has, además de las que va comprando en el exterior como la gran operación de compra de 3 millones de has adquiridas a Ucrania hace dos años, dado que es hoy importador neto de alimentos, aunque sigue creyendo en el principio de autosuficiencia alimentaria.

*commodities*<sup>12</sup>. Hoy las dudas sobre la salud de la economía en China están afectando al crecimiento y la estabilidad económica del mundo entero. Y no podemos olvidar que la cuota de China en el comercio mundial de materias primas agrarias es muy elevada: 31% en algodón, 30% en arroz y aceite de soja, 28% en harina de soja, 22% en maíz, 17% en trigo, etc. En todos ellos las caídas han sido muy fuertes desde el año 2011, prácticamente las cifras hoy son 1/3 de las de aquel año para los productos antes mencionados.

- f) En India, paralelamente, cada habitante dispone hoy de 1800 m<sup>3</sup> de agua por año para vivir. El riego supone el 80/90% de sus consumos. Si en los próximos años su población crece hasta los 1,5/1,8 mil millones de habitantes, se precisará un aumento no menor al 30% de agua suplementaria. De ahí el colosal proyecto lanzado (*Nature*.marzo.2008) en la India para intercomunicar 46 grandes ríos mediante una treintena de canales que suman unos 10.000 km, cuyo coste superará los 200.000 millones de \$ pero que permitirá duplicar la superficie regada, llegando a los 70 millones de has. Ni que decir tiene que este proyecto, como cualquier otro semejante, está sometido a todo género de contestación por razones medioambientales. Y el gobierno indio deberá hallar el equilibrio entre unas posiciones u otras<sup>13</sup>.
- g) Insuficiente aprovechamiento de tierras productivas en el continente africano (solo un 9% de su superficie continental es cultivada), a lo que se añade su situación de pobreza en tecnología, formación y recursos. Su suelo es de una enorme fragilidad en muchos lugares de su amplia geografía. Y sus grandes recursos en agua (Nilo, Congo, Zambeze, Níger, etc) difíciles de transformar en tierras regadas. Y algunos de ellos son objeto de luchas y conflictos como ya quedó apuntado.
- h) Políticas de precios o tarifas del agua, sea para su destino urbano como especialmente agrario, que, por tener como base grandes infraestructuras

---

12. Lo anterior viene a cuento porque está teniendo un fuerte impacto negativo en el comercio mundial de materias primas, particularmente en las agrarias. Hoy, en parte por efecto de lo descrito, el índice RICI de materias primas se halla en mínimos desde la recesión de 2008.

13. También, puede ponerse como ejemplo lo concerniente a Turquía donde cabe llevar la superficie actualmente regada a unos 9M. has., multiplicando casi por 2 sus has. actuales, si sus programas de inversiones en cabeceras de cuencas se llevaran a cabo, por ej. el desarrollo de Anatolia del Sur con su programa GAP.

hidráulicas, lleva a precios públicos/tarifas adecuadas al fin previsto, y esto conduce a que los consumidores urbanos o regantes, gocen de un alto grado de subvención implícita respecto a sus costes reales, lo que, a su vez, induce un muy bajo grado de eficiencia en el recurso. Y ello en casi todo el mundo. No suele ser así en los riegos con aguas subterráneas cuya inversión y coste de extracción recae íntegramente sobre el usuario<sup>14</sup>. Tema que se ha vuelto más problemático en el caso de aguas procedentes de desaladoras cuyo alto coste en energía es imposible de llevar a los precios finales de uso, lo que ha generado graves conflictos en las zonas donde se han instalado.

- i) Cambios climáticos que acentúan las sequías y su frecuencia. En España, el año 2015 es el más cálido desde que comenzaron los registros en 1880 y diciembre el más cálido, también, desde hace 136 años.

Añadamos a todo ello que el suelo laborable disponible por persona a nivel mundial no ha dejado de disminuir debido al alto crecimiento de la población. Esa es la cuestión clave del s. XXI. La ciencia y la tecnología ha permitido, hasta ahora, multiplicar la producción por ha. cubriendo así la brecha entre el aumento de la población y la reducción de las has/ persona. En tal situación sólo una pujante agricultura de conservación, altamente tecnificada y de precisión en el uso óptimo de los recursos -incluido el agua- será capaz de seguir haciendo frente a tales retos. Y solo una revolución del comercio mundial basada en el “agua virtual” y la “huella hídrica” -a la que haremos mención al tratar sobre los “nuevos paradigmas”- podría llevar a nuevos horizontes más racionales toda esta cuestión.

#### **I.4.- Frente a la escasez de agua y tierra: soluciones.**

Tendremos, pues, que resolver nuestros problemas en el futuro con menos tierra y menos agua por habitante. Y si tenemos menos dotación de ambos recursos y, además, debemos ser competitivos en un mercado global y abierto,

---

14. Ver: Min. Medio Ambiente. Precios y costes de los servicios de agua en España. Madrid. 2007: Garrido, Alberto y Custodio, Emilio. La gestión estratégica del agua. Seguridad Global, nº 03. Choiseul.2012; Garrido, Alberto y Llamas, M. Ramón. Water policy in Spain. CRC Press. 2009; Arrojo, Pedro. La política de precios en el agua para regadio. Etc.

probablemente la única solución que queda, si queremos mantener el potencial productivo agrario, es aplicar sobre el mayor número posible de esas hectáreas regadas, la mayor intensidad de tecnología de la que seamos capaces de dotarnos y aplicando el agua a productos de más alto valor añadido. Pues la productividad de las tierras regadas es de tres a cuatro veces la de secano. Es por ello que estamos ante un poderoso instrumento al servicio de la erradicación del hambre.

No olvidemos que las tecnologías mecánicas economizan o sustituyen el trabajo mientras que las biológicas y químicas economizan tierra. La técnica mecánica aumenta la escala, de hecho exige dicho aumento. Es causa y efecto. En cambio la tecnología biológica es neutral, opera sobre grandes o pequeñas superficies. En tal sentido es como el riego. Contribuye a intensificar la producción tanto en la pequeña o la gran dimensión, e incluso aquel –el riego- permite la adición de mayores dotaciones de tecnologías.

Y como nos recordaba **Borlaug** hace años “*Hay muchas tecnologías que permiten reducir el uso de agua. Las aguas residuales pueden ser tratadas y usadas para el riego. Esto podría ser una fuente de agua especialmente importante para la agricultura periurbana, que está creciendo rápidamente alrededor de muchas de las grandes ciudades del mundo. El agua puede ser distribuida de forma mucho más eficiente a las plantas y de maneras que eviten el encharcamiento del suelo y la salinización. Los cambios hacia nuevos cultivos que requieran menos agua (y/o nuevas variedades mejoradas), junto con rotaciones de cultivos más eficientes y la siembra a tiempo, pueden también lograr ahorros significativos en el uso del agua*”<sup>15</sup>.

Hoy el riego es la gran variable de ajuste de la agricultura a las demandas alimentarias crecientes. Intensificar la explotación mediante el agua es, uno de los pocos medios que cabe poner en marcha cuando en el secano hemos agotado toda la capacidad de incorporación de tecnologías. Quedan los OGM pero están sometidos a debates absurdos contra los que se han alzado la mayor parte de los científicos y las Academias de Ciencias del mundo, que han defendido científicamente los OGM. No olvidemos que, de los OGM, el cultivo del maíz

---

15. Norman E. Borlaug y Christopher Dowswell . Op. Cit.

Bt autorizado en España desde hace 18 años, ha reducido notablemente el uso de fungicidas pero además, y esto es relevante, se estima que ha inducido una menor huella hídrica de 1 millón de m<sup>3</sup>, un menor uso de agua de riego cuantificado en 490 millones de m<sup>3</sup> y una mayor fijación de CO<sub>2</sub> de unas 663.000 tm de CO<sub>2</sub> equivalente.

Necesitamos, pues, más biotecnologías que nos permitan crear -sí, crear- nuevas variedades de plantas más aptas para las finalidades pretendidas. Eso están haciendo los científicos del mundo entero en la búsqueda de plantas que permitan seguir avanzando en las bioenergías -sólidas o líquidas- pero aptas para tierras áridas o semiáridas y en condiciones climáticas extremas. Y lo mismo debemos aceptar para las plantas consagradas a nuestra alimentación.

Y, como bien, nos advertía **Borlaug** “Ahora digo que el mundo tiene la tecnología -bien ya disponible o muy avanzada en el proceso de investigación- para alimentar una población de diez mil millones de personas. La pregunta más importante hoy es si se permitirá a los agricultores y ganaderos el uso de esta nueva tecnología”<sup>16</sup>. Por ahora parece que no...

Es por ello que se hace necesaria una estrategia múltiple:

- Expansión de regadíos reduciendo, al tiempo, las cifras de consumo del recurso.
- Técnicas de máxima eficiencia del riego (riego localizado y olvidar los riegos de gravedad) que aumenten la productividad con ahorro de agua.
- Aumento de la intensidad de cultivo e incrementos en los rendimientos en secano, en países en vías de desarrollo.
- Mejora de técnicas de cultivo y manejo de la tierra para conservar el agua de lluvia en proporciones máximas.
- Expansión de las superficies regadas en países en desarrollo
- Expansión de microproyectos de riego con aguas subterráneas con bajos costes de bombeo y fácil manejo.

---

16. Norman E. Borlaug y Christopher Dowswell. Op. Cit.

- Rehabilitación y modernización de regadíos antiguos
- Uso de aguas residuales tratadas
- Formación en gestión eficiente del recurso sobre todo para explotaciones medianas/ familiares
- Captación de aguas de lluvia de tejados, etc.
- Desalación de aguas marinas en los supuestos donde el coste energético permita un precio aceptable para el uso agrícola o urbano de tales aguas.

Si hasta ahora la técnica agronómica -la ingeniería invisible- había logrado que la productividad agraria creciera muy por encima de la población y ésta cerrara, poco a poco, la brecha del hambre y la desnutrición, ahora es imposible asegurar que ese desfase no se acentúe en los próximos años. Con la tecnología actual y las bioenergías de 1<sup>a</sup> generación, será imposible. A la renovada Revolución Verde habrá que añadir, además la Revolución Azul, la del Agua, que está comenzando.

Revolución que solo puede ser positiva si se parte de que el cambio climático es una realidad con la que hay que contar.

### **I.5.- *Agua y cambio climático: una visión antropogénica.***

El cambio climático ya no es, hoy, objeto de discusión. Una nueva visión antropocéntrica del planeta lo ha colocado en el centro de la atención mundial. Los diferentes informes del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC) así lo confirman pese a las numerosas incertidumbres y cautelas existentes al respecto. Y la Cumbre de París de 2015 o las palabras del Papa Francisco en la “Laudato Si”, mencionadas en la parte introductoria, son buena prueba de ello. También la FAO en sus 17 Objetivos de Desarrollo Sostenible, aprobados en 2015, incluyen uno de ellos, el nº 6, consagrado al “Agua” pues prevé para 2025 que 1.800 millones de personas vivan en países o regiones con escasez absoluta de agua. Examinemos, primero, la encíclica Papal.

a) *El agua en la Laudato Sí.*

La encíclica “Laudato Sí” del **Papa Francisco** (mayo de 2015) fue una voz de alarma para el mundo sobre el estado de nuestro planeta. Pero no es esta la única referencia del Papa al problema del agua-tierra-hambre. También en junio 2015, en una Cumbre de FAO se le pudo escuchar con palabras de seria preocupación. Veamos ambos hitos.

Ante los participantes de la XXXIX Conferencia de FAO, el Papa pronunció unas palabras destacables donde resaltó aspectos como los siguientes: “*Debemos responder al imperativo de que el acceso al alimento es un derecho para todos. Los derechos no permiten exclusiones*”... “*Reducir los residuos es esencial, así como reflexionar sobre el uso no alimentario de los productos agrícolas, que se utilizan en grandes cantidades para la alimentación animal o para producir biocombustible*” ... “*Nos preocupa justamente el cambio climático, pero no podemos olvidar la especulación financiera*”... “*El cambio climático nos hace pensar también al desplazamiento forzado de las poblaciones y tantas tragedias humanitarias por falta de recursos, a partir de agua, que ya es objeto de conflictos, que previsiblemente aumentará*”... “*Además del agua, también el uso de las tierras sigue siendo un problema serio*”... . “*Las proyecciones de la FAO dicen que para el año 2050, con nueve mil millones de personas en el planeta, la producción tiene que aumentar e incluso duplicarse. En lugar de dejarse impresionar ante los datos, modifiquemos nuestra relación de hoy con los recursos naturales,... eliminemos el derroche y así venceremos el hambre*”. Temas estos recurrentes en su pensamiento y que los encontramos en su encíclica posterior.

La nueva encíclica, que subtitula “Sobre el cuidado de la Casa común”, es un texto extenso donde se convierte la defensa del Medio Ambiente en el gran tema de su Pontificado y donde hace toda una declaración de principios ecológicos, en los que el cambio climático constituye su línea central de reflexión. Y el Título de la misma lo recoge del inicio del famoso “Cántico de las Criaturas” de San Francisco de Asís, considerado como el más primitivo texto ecológico conocido, pues data del siglo XIII.

El Papa nos dice que “*esta hermana tierra clama por el daño que le provocamos*” e invita a un “*nuevo diálogo sobre el modo como estamos construyendo el futuro del planeta*”, alerta sobre el inmenso vertedero de deshechos y residuos -“*inmenso depósito de porquería*”, escribe- en que se ha convertido nuestro planeta, trata del agua y de la pérdida de biodiversidad, y se refiere a una “*inquietud planetaria*” de modo dramático. Se queja de “*la debilidad de las reacciones*”, *acepta la “diversidad de opiniones”*, examina la creación desde la óptica evangélica, pero abre la discusión y ofrece la encíclica como un elemento de discusión para todas las religiones cristianas o de cualquier otra fe. Deja claro que la crisis ecológica tiene una raíz humana y formula ciertas quejas sobre la “*globalización del paradigma tecnocrático*”, hace una especial referencia a la “*innovación biológica*” refiriéndose específicamente a los OMG de modo cauteloso pero nada vago, y pide una “*ecología integral*” y “*apostar por otro estilo de vida*”.

El texto ha tenido efectos políticos con toda rapidez. Es un ensayo serio, responsable y duro, muy duro y exigente, no es un texto cualquiera y dará mucho que hablar. Su ecologismo activo no deja indiferente a nadie. Y como se ve no estamos ante una encíclica tradicional, centrada en lo religioso, en Dios y en la fe o en la moral; estamos ante un texto que se mueve entre la ciencia y la fe, entre el dogma y la vida real, rompe todos los esquemas del pasado, se vincula a la ciencia más que en cualquier otro momento haya podido estar y aúna la ciencia con Dios, con la fe y con el Planeta Tierra. Algunos han llegado a escribir que incluso crea un nuevo pecado: el pecado ecológico. Pero lo cierto es que hay que elogiar al Papa por esta encíclica que rompe en mucho con el pasado y que nos alerta de los riesgos sobre el agua, la tierra, las masas forestales, el cambio climático y, en definitiva nuestra propia supervivencia. Encíclica sobre la que tendremos que volver en otras ocasiones porque el debate sobre su apasionante contenido solo ha comenzado.

En su Título II se hacen amplias referencias al tema del agua. Veamos algunos párrafos significados:

- *El agua potable y limpia representa una cuestión de primera importancia, porque es indispensable para la vida humana y para sustentar los ecosistemas terrestres y acuáticos...*

- *La provisión de agua permaneció relativamente constante durante mucho tiempo, pero ahora en muchos lugares la demanda supera a la oferta sostenible, con graves consecuencias a corto y largo término...*
- *La pobreza del agua social se da especialmente en África, donde grandes sectores de la población no acceden al agua potable segura, o padecen sequías que dificultan la producción de alimentos.*
- *Un problema particularmente serio es el de la calidad del agua disponible para los pobres, que provoca muchas muertes todos los días.*
- *En realidad, el acceso al agua potable y segura es un derecho humano básico, fundamental y universal, porque determina la sobrevivencia de las personas, y por lo tanto es condición para el ejercicio de los demás derechos humanos...*
- *El problema del agua es en parte una cuestión educativa y cultural, porque no hay conciencia de la gravedad de estas conductas en un contexto de gran inequidad.*
- *Una mayor escasez de agua provocará el aumento del costo de los alimentos y de distintos productos que dependen de su uso. Algunos estudios han alertado sobre la posibilidad de sufrir una escasez aguda de agua dentro de pocas décadas si no se actúa con urgencia....*

Como se ve la Laudato Sí va al meollo del tema del agua en los momentos actuales: escasez, deficiente calidad, enfermedades asociadas, bien de derecho público, escasez de alimentos, potenciales elevaciones de su coste y precios, etc. Y todo ello en el contexto del cambio climático, puesto que la esencia medular de esta encíclica es precisamente esta cuestión.

b) *La Cumbre del Cambio Climático en París (COP21).*

La culminación con éxito de la famosa Cumbre Climática – la COP21- celebrada en París la primera quincena de diciembre 2015, logró un Acuerdo complejo y parcialmente vinculante que ha sido firmado en la ONU (22.4.2016) por 175 países y la UE. Estamos ante un acuerdo sin precedentes. Todas las partes eran conscientes de que el cambio climático está ahí. No se podía seguir impasible ante el crecimiento del CO<sub>2</sub> y el aumento progresivo de las temperaturas del planeta.

Había que pararlo. Había que lanzar “*un mensaje de vida*” como afirmó **François Hollande**. (En el éxito final y en su contenido tuvo una influencia decisiva y reconocida la Encíclica del Papa hecha pública siete meses antes).

Es evidente que la temperatura de la superficie de la tierra ha crecido entre 0,6° y 1°C, sobre todo a partir de la década de los 80. El calentamiento global es un hecho. Los Gases de Efecto Invernadero (GEI) aumentan, el hielo y los glaciares retroceden, el nivel del agua del mar crece, y los ecosistemas terrestres están experimentando severos cambios. Y este cambio climático podría retrasar el logro de un mundo sin hambre al afectar a la productividad de los cultivos e incluso a su viabilidad por cambios de temperaturas y por mayores y más frecuentes sequías. Y desde luego al régimen pluviométrico y a la irregularidad de las aportaciones de agua de lluvia. Y ello pese a las muchas dudas e incertidumbres, en el análisis y predicciones concernientes a las precipitaciones según grandes regiones y sus consecuencias en términos de pluviometrías irregulares y producciones alimentarias escasas.

Los firmantes representan el 95% de las emisiones actuales de gases antropogénicos de efecto invernadero (GEI) y el objetivo es reducir los niveles actuales de GEI para lograr, a su vez, una reducción de 2° C, al menos no superar los 1,5°C, en la temperatura del planeta. Ello exige, al tiempo, lograr un equilibrio entre emisiones antropogénicas y los sumideros de carbono. Y precisa de nuevas políticas energéticas, sobre todo, para reorientar las inversiones en favor de energías limpias, abandonando progresivamente las fósiles, y por tanto una reorientación de la economía. Y este Acuerdo ataña en mucho a la agricultura, que forma parte más de la solución que del problema, ya que puede contribuir a la mitigación minimizando las emisiones de GEI y secuestrando carbono.

El Acuerdo es histórico, jurídicamente vinculante, ambicioso, equilibrado para todos y es un logro de la comunidad internacional. No es perfecto para nadie pero es un éxito para toda la humanidad. Y no es estático porque se va a ir revisando cada cinco años, cuando se haga balance de dónde estamos y se consideren la siguiente ronda de compromisos que siempre tendrán que ser más ambiciosos que los actuales. Además, se crea un marco de cooperación global para que los países en desarrollo más vulnerables puedan afrontar las pérdidas y daños asociados a estos impactos. Y para conseguir un desarrollo sostenible, duradero, a nivel

global, el Acuerdo de París pone las bases para una transformación de los modelos de desarrollo hacia patrones bajos en emisiones<sup>17</sup>.

En cuanto al agua, las altas temperaturas y el cambio del clima genera consecuencias sobre su disponibilidad y regularidad que, de no reconducir ese clima, serán inmediatamente alteradas: un aumento de las temperaturas genera cambios en la época de floración, alteraciones en los momentos de frío, mayores riesgos de heladas, cambios en las fechas usuales de lluvias, menor predictibilidad, mayores irregularidades en sus volúmenes y mayores riesgos de inundaciones y daños. No son consecuencias menores.

c) *Cambio climático, agua y agricultura.*

Cambio climático y agricultura están estrechamente relacionados. Ésta tiene la peculiaridad de verse fuertemente afectada por el cambio climático debido a que es una actividad que depende en gran medida de las condiciones ambientales (nascencia, floración, polinización, maduración, etc.). Pero añade otra singularidad: es el único sector, junto al forestal, que a través de la fotosíntesis puede secuestrar dióxido de carbono de la atmósfera y retenerlo en formas más o menos estables (biomasa y materia orgánica del suelo). Por este motivo, la agricultura debe desempeñar un papel primordial en todas las políticas ambientales y de lucha contra el cambio climático.

Se estima -según **L. López Bellido**<sup>18</sup>- que la agricultura genera del 10-12% de las emisiones antropogénicas de los gases de efecto invernadero (GEI). Pero la agricultura puede contribuir a la mitigación de esas emisiones de GEI, secuestrando C atmosférico y produciendo biocombustible. El sector agrícola tiene un nuevo reto significativo: incrementar la producción global con el propósito de proporcionar seguridad alimentaria a la población de mediados del siglo XXI, y

---

17. Hay que reconocer el liderazgo del Comisario español Miguel Arias Cañete, que ha permitido llegar hasta aquí, por plantear la máxima ambición y por su gran labor negociadora (más de 100 viajes y liderazgo de la Coalición de la Ambición). Y ello unido a un gran trabajo de la Oficina Española de Cambio Climático del Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente, labor activa en las negociaciones, reconocida por Naciones Unidas y UE, con aportaciones en todos los grupos técnicos de negociación más muchas iniciativas impulsadas desde el principio de la Legislatura.

18. López Bellido, Luis. Agricultura, cambio climático y secuestro de carbono. Ed. Luis López Bellido. 2015

además, proteger también el medio ambiente y mejorar la función global de los ecosistemas.

Y respecto al agua, las necesidades para los cultivos, su disponibilidad, calidad del agua, su distribución geográfica y su necesidad en el tiempo preciso, y el hecho de que a un recurso renovable y constante le corresponda una población creciente lo que hace que el ratio m<sup>3</sup>/cápita sea decreciente año a año, así como otros factores, se verán afectados por el cambio climático y ello significa que el mundo se enfrenta a una crisis de agua grave. Porque hay en el fondo un “círculo perverso” consistente en: temperaturas más altas-> más necesidades de riego-> lluvias más irregulares-> nivel de embalses y caudal de ríos en descenso->... Y estas limitaciones de “agua azul” en algunas regiones hoy intensamente regadas podrían conducir a la reversión de 20-60 millones de ha de tierras de cultivo en regadío hacia el secano (oeste de EEUU, sur y oeste de China y Asia Central).

Es cierto que esa necesidad de fuentes alternativas de agua que requiere la agricultura, también pueden ser satisfechas “teóricamente” aprovechando el agua del mar. Afortunadamente vivimos en un planeta cuya superficie está cubierta de agua en un 71%. La desalación del agua marina es, pues, una evidente opción disponible aunque con alto coste energético, muchas veces la convierte en solución imposible.

Y no debemos olvidar que los regadíos son un instrumento para evitar las deforestaciones, tanto más graves cuanto su pérdida sustrae grandes superficies de sumideros de CO<sub>2</sub>. Ya el Plan **Lorenzo Pardo (1933)** pretendía evitar las roturaciones y la reducción de la superficie forestal<sup>19</sup>. Ese problema de la desforestación ya no debemos verlo como entonces. Hoy lo vemos en términos de cambio climático, de pérdida de zonas que contribuyen a la eliminación del CO<sub>2</sub>, de zonas que cuando son quemadas, como en Brasil, donde se ha perdido una superficie como la española de bosques tropicales entre 1990 y 2005, básicamente para soja, esas

---

19. El Plan Lorenzo Pardo (1933) pensado para una España con hambre de tierras, impulsada por una población de unos 30 millones de habitantes, los buenos precios de los productos agrarios y la falta de alternativas al incremento de los rendimientos vía abonos –que ya comenzaban a extenderse- llevaba a los agricultores a tratar de aumentar sus producciones, vía fertilizantes o, agotada ésta, mediante nuevas superficies robando tierra al monte y al bosque. Pues bien, uno de los objetivos de aquel Plan era evitar estas roturaciones y lograr el aumento productivo mediante el incremento de los rendimientos del agua.

masas han generado enormes cantidades de gases de efecto invernadero. No en balde las selvas tropicales contienen más del 40% de carbono terrestre.

Como se ve, otro gran objetivo del agua, del riego, en este quiebro del siglo XXI es luchar por mantener la superficie forestal del mundo intacta. También a ello debe contribuir el riego.

*d) Cambio climático, agua y ganadería.*

Hay que añadir, además, una doble reflexión serena, desapasionada, sobre el cambio climático y sobre el binomio <cultivos-ganadería>. Es obvio que el cambio climático está acentuando los rasgos de sequías, aridez, etc. de muchas regiones del mundo, entre ellas, sin duda, en el área mediterránea.

Pues bien, si examinamos la cuestión primeramente enunciada, sabemos que hoy el “agua virtual” necesaria para producir una unidad de producto es variado, va desde 1m<sup>3</sup> de agua para obtener 1 kg de trigo a 15m<sup>3</sup> para 1 kg de carne de vacuno (Ver epígrafe III. Nuevos paradigmas). Es decir la producción vegetal es mucho menos intensiva en consumo de agua que la ganadera. La actividad ganadera - nos dice FAO- figura entre las actividades más perjudiciales para los recursos hídricos, por la contaminación del agua, la eutrofización. Los principales agentes son los desechos animales, las hormonas y antibióticos, etc. El sobrepastoreo también afecta negativamente al ciclo del agua. Y la demanda de cultivos forrajeros contribuye a la pérdida de diversidad, No olvidemos que los animales aptos para las producciones de carne y leche suponen ya el 20% de la biomasa animal terrestre<sup>20</sup>.

La conclusión inicial no puede ser más contundente. Sobre la mesa no está sólo el debate de la prioridad en el uso de las tierras cultivadas entre biocombustibles y alimentos, sino también entre productos vegetales y animales. Hoy existe un naciente vegetarianismo que hunde sus raíces, no en la piedad por los animales, sino en el uso racional de los recursos, entre ellos el agua. Pero también en la emisión de GEI. Porque sobre este debate hay que superponer el del impacto de la producción ganadera sobre el clima en términos de gases de

---

20. FAO. Informe 20.11.2006. <http://www.fao.org/Newsroom/es/news/2006/1000448/index/html>

efecto invernadero. Los rumiantes liberan gran cantidad de gas metano ( $\text{CH}_4$ ) a la atmósfera, gas que tiene un potencial de calentamiento muy superior que el  $\text{CO}_2$ . Hace años (2006) la FAO emitió un informe sobre los GEI producidos por la ganadería con cifras bien alarmantes: el sector ganadero generaba más gases de efecto invernadero –el 18%, medidos en su equivalente en dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ )- que el sector del transporte. “*El ganado es uno de los principales responsables de los graves problemas medioambientales de hoy en día. Se requiere una acción urgente para hacer frente a esta situación*” se leía. Si pensamos además que la FAO nos dice que de seguir los consumos de China e India creciendo la demanda de carne se duplicará antes de 2050<sup>21</sup>, se ve claro que es este un tema de trabajo singular.

Y si tal cosa ocurre, y si las cuestiones planteadas son como las exponen aquellos cuyas ideas quedan reflejadas, habrá que pensar si, para ayudar en la lucha contra los efectos del cambio climático, en términos de emisiones y de agua, no es conveniente realizar un nuevo balance de situación entre lo vegetal y lo ganadero. Balance al que si se añade lo alimentario resulta probablemente inclinado de un lado de esa balanza.

## **II.- El agua en España.**

### **II.1.- Desde la Ilustración a la mitad del s. XIX.**

Comencemos por el final del s. XVIII, época en la que el consumo de agua, tanto para la agricultura como para viviendas era muy reducido comparado con las cifras actuales. El agua para el consumo de viviendas procedía de pozos subterráneos sitos en las mismas casas, se construía sobre ellos, o cercanas a los ríos o mediante el transporte de cántaras que realizaban las mujeres día a día y que iban a lavar sus ropas a los lavaderos públicos. La política hidráulica – o hídrica como gusta usar a FAO en sus documentos- , como tal nace, prácticamente en España en el reinado de Carlos III (1.709 – 1.788) y bajo las ideas de la Ilustración<sup>22</sup>. En esa

---

21. Ver Informe FAO. Enfrentando el cambio climático a través de la ganadería. FAO.2013.<http://www.fao.org/3/a-j3437s.pdf>

22. Ver, Jaime Lamo de Espinosa. “Política agraria en la España Ilustrada de Carlos III”. Agricultura y Sociedad. 1992. N° 70.

segunda mitad de siglo la influencia de la escuela fisiocrática francesa, surgida con el declinar de la agricultura francesa en las primeras décadas del XVIII, da origen a una nueva concepción de la economía, donde la agricultura será el centro y eje de la vida económica. François de **Quesnay** en su famoso *Tableau économique* (1758) entiende que sólo es actividad productiva la agraria, pues es capaz de crear un excedente disponible sobre el coste necesario, tanto en sentido físico como en relación con el valor.

**Sarrailh** decía que, en el final del siglo, «en Barcelona y Madrid se siguieron como autoridades supremas las doctrinas de **Quesnay** o **Adam Smith**, o **Turgot**. **Adam Smith** publicó su célebre «Ensayo sobre la Riqueza de las Naciones» (1776) donde hizo gravitar sobre «el trabajo» la fuente de la riqueza, alejándose así de la idea fisiocrática de la tierra.

¿Qué influencia tuvieron las obras mencionadas, en el pensamiento económico de los ilustrados durante el reinado de Carlos III? Ese tiempo se mueve a caballo entre el final del mercantilismo y la plenitud de la fisiocracia y un -probablemente- incipiente influjo de la obra smithiana en los últimos años del monarca. Años, donde España era agrícola y rural y la agricultura representaba un porcentaje muy alto del producto interior bruto.

Pero es perceptible en el reinado de Carlos III una cierta huella de intervencionismo económico, sobre todo en lo agrario, por lo que no puede dudarse de la existencia de una cierta política económica. Y ello se hace patente en la célebre *Instrucción Reservada* dirigida a orientar los trabajos de la Junta de Estado creada en 1787 y que fue antecedente directo del Consejo de Ministros. Tal *Instrucción*, aparecida cuando Carlos III ha reinado ya durante casi treinta años revela la «doctrina» que por acumulación habíase sintetizado durante el mismo, una *Instrucción* donde se quintaesencia el pensamiento de la gobernación real. En ella encontramos junto a catorce epígrafes o artículos dedicados a la agricultura, dos consagrados a la política hidráulica, como se evidencia en sus artículos LXXIV, sobre Canales de riego y navegación y LXXVI a la Formación de canales y pantanos<sup>23</sup>.

---

23. **LXXIV. Canales de riego y navegación.** Para éstos fines conducen necesariamente los caminos y canales de riego y navegación, sin los cuales no puede haber facilidad ni ahorros en los transportes. La

Se trataba de reactivar la agricultura para atender a las demandas de una población creciente, que a comienzos de siglo era solo unos 7,5 millones de habitantes. Luego el censo de **Floridablanca** de 1787 eleva esta cifra hasta los 10,4 millones y, ya en 1808, -según **Gonzalo Anes**- España alcanza unos 12 millones de habitantes, un 53% más que a comienzos del siglo. Para **Vicens Vives**, el XVIII “significa la nueva puesta en marcha del carro demográfico español” y hacia esa fecha comienza la fuerte expansión de la producción agraria de la época. Producción para la que ya el famoso ilustrado **Gregorio Mayans** reclamaba riegos y así escribía a **Don Miguel de Nava**: “*la frecuencia de las malas cosechas de las Castillas depende de la falta de agua. Si se aprovecharan las que Dios les ha dado en los ríos i las fuentes, la atmósfera se humedecería más, porque subirían a la región del aire los vapores húmedos i las lluvias serían más frecuentes (sic)*”<sup>24</sup>.

Toda Europa pasó de 130 millones de habitantes en 1760 a 175 en 1800 y a 282 en 1860. Si excluimos Gran Bretaña, que casi triplicó su población, el aumento en Europa fue del 58% en los primeros 60 años del siglo XIX. España lo hace en proporción algo menor, un 50%. Tal crecimiento demográfico, es obvio con escasas importaciones, no hubiera sido posible sin un aumento paralelo de la producción interior agraria. Aumento que ha dejado patentemente demostrado la tesis de **Juan Rivero Corredera**<sup>25</sup>sobre la agricultura desde finales del XVIII y su rechazo a las tesis de “La larga siesta”<sup>26</sup>, con la puesta al día de las cifras reales de producción y consumo en estos últimos dos siglos.

---

*Junta debe auxiliar con todas sus fuerzas a los ministros encargados respectivamente de estos ramos, inventar y proponerme los medios y arbitrios más efectivos de abreviar la completa ejecución de estas ideas. LXXVI . Formación de canales y pantanos: Los riegos y los plantíos piden sobre todo los mayores desvelos y conatos de la Junta. España es castigada frecuentemente con las sequedades y faltas de lluvias; y así la formación de canales y pantanos, y el aprovechamiento de todas las aguas que se pierden ó desperdician, aun de las llovedizas, será un medio eficaz de prevenir muchas calamidades, y de adelantar la agricultura. Hay muchas obras de esta clase emprendidas, ó por emprender, á que la Junta ha de ayudar con arbitrios y dictámenes, para que yo ó mis sucesores resuelvan.*

24. Mayans, Gregorio. Carta a Don Miguel de Nava Carreño de 4 de febrero de 1765. Epistolario V. Escritos Económicos. Valencia 1976.
25. Rivero Corredera, Juan. Los cambios técnicos del cultivo del cereal en España (1800-1930). MAGRAMA. Madrid. 2013. Tesis doctoral que mereció “cum laude”. Leída en la ETSIA de la UPM.
26. Simpson, James. La agricultura española (1765-1965): La Larga Siesta. Alianza Editorial. 1997.

Y así España comienza ya a apuntar sus grandes líneas de especialización productiva que se materializarán en los finales del siglo y siguientes. Y se llevan a cabo numerosas obras hidráulicas con fuertes inversiones. Entre tales inversiones, refiriéndonos ya a la época del Rey Carlos III, merece un lugar de honor la realización de canales.

Esta política contaba ya con varios precedentes en Europa, que mostraban bien a las claras la importancia de los canales. Seguramente el Rey conocía la influencia del Canal du Midi, que en Francia, a partir de 1680, abre al cereal de Toulouse, los mercados mediterráneos de Narbonne y Marsella. Ello ayudará a la especialización de cultivos en Francia.

En este tiempo se aprueba y se construye el segundo tramo de la Acequia Real del Júcar, las obras del Canal de Taúste, la terminación del Canal Imperial de Aragón<sup>27</sup>, el Canal de Castilla, el Acueducto de San Telmo y la Acequia Real de Alcira. A ellas hay que unir los canales del Guadarrama, para abastecer de piedra a Madrid, y el de San Lorenzo de El Escorial, para abastecimiento de aguas de su población. Igualmente se diseña el Canal de Albacete.

Los conflictos del XIX, la guerra napoleónica y el declinar final, hicieron que algunas de estas obras -tan esenciales en el resto de la Europa continental e insular- se abandonaran. Las que hoy nos quedan son, en buena medida, obra de Carlos III, el Rey constructor.

Como nos queda su influencia en la creación de Sociedades Económicas de Amigos del País, nacidas al soaire de sus homónimas de Berna o Dublín, las más reputadas de la época, consagradas a la investigación y las primeras Reales Academias.

---

27. Respecto al Canal Imperial de Aragón enlaza tres grandes Reyes de la monarquía española. Fernando el Católico concede autorización para derivar aguas del Ebro; el Emperador Carlos V visita Zaragoza en 1518 y en 1529 acepta financiar la obra a su costa, a cambio de las rentas, y Carlos III en visita también a la capital aragonesa en 1760 proporciona el necesario impulso para la terminación de la obra, que se culminaba en 1790, tras azarosas vicisitudes y debates, en los que cabe destacar las eficaces intervenciones del Conde de Aranda y de Ramón Pignatelli.

## **II.2.- De Jovellanos a Joaquín Costa: nace la política hidráulica.**

Las obras descritas antes, fueron, sobre todo, canalizaciones para la navegación y transporte interior de mercancías, abastecimiento de núcleos urbanos pero en pequeña proporción los riegos. Debemos encontrar a Jovellanos<sup>28</sup>, al final del siglo XVIII y a Costa<sup>29</sup> en el XIX para descubrir una visión diferente: los grandes canales y obras públicas del Estado con fines de riego, de abastecer de alimentos a una población creciente<sup>30</sup>. Y ambos se refieren constantemente a la agricultura y los regadíos españoles. El famoso Informe sobre la Ley Agraria de **Jovellanos**, escrito y presentado ante la Real Sociedad Económica Matriitense de Amigos del País en 1786, será fuente de inspiración de todos los agraristas españoles del nuevo siglo, entre los cuales se contaba **Costa**, el cuál, sin embargo y como señala acertadamente **Juan Velarde**, con tono de queja, nunca mencionó ni citó en sus obras a **Jovellanos**.

Sí, casi un siglo antes de **Costa**, **Jovellanos** clamaba ya por los riegos ante un clima, el de España que –según escribe– es “ardiente y seco, y es grande por consiguiente el número de tierras que faltan de riego o no producen cosa alguna o solo algún escaso pasto”. Y añade “el riego solo se podrá lograr al favor de grandes y muy costosas obras”. Para rematar que “siendo imposible hacerlas todas a la vez, es preciso emprenderlas ordenada y sucesivamente y como tampoco sea posible que todas sean igualmente necesarias ni igualmente provechosas, es claro, que en nada puede brillar tanto la sabia economía de un gobierno, como en el establecimiento del orden que debe preferir unas y posponer otras”. Ese eco, amplificado, llegó a **Costa**.

Nadie discute hoy que el padre de la política hidráulica en España es **Joaquín Costa**. Es el gran continuador, de algún modo, de la obra de **Carlos III** y del pensamiento ilustrado de **Jovellanos**. La Huesca en la que nace y se cría está dominada por la aridez, la sequedad, y su corolario, que llama **Costa** “la esterilidad y la muerte”, lo que hace nacer su tesis central.

- 
28. Lamo de Espinosa, Jaime.- “La Ley de Modernización Agraria: entre Jovellanos y la Unión Europea”. Modernización y cambio estructural en la agricultura española. Coordinador J. M. Sumpsi. Ministerio Agricultura, Pesca y Alimentación. 1994. Pags. 243-285.
29. Ver, Lamo de Espinosa, Jaime. Joaquín Costa. Agricultura, agronomía y política hidráulica. Eumedia. 2012
30. Joaquín Costa (1846-1911) enlaza directamente con Jovellanos (1744-1811). Y coinciden en que sus muertes están separadas por un siglo exacto, 1811 y 1911

Por eso **Costa** afirma: “*La condición fundamental del progreso agrícola y social en España, en su estado presente, estriba en los alumbramientos y depósitos de agua corrientes y pluviales. Esos alumbramientos deben ser obra de la nación y el Congreso agrícola debe dirigirse a las Cortes y al Gobierno reclamándolos con urgencia, como el supremo desiderátum de la agricultura española*”. Y añade como si fuera un moderno agrónomo consumado “*que las dos palancas de la vida vegetal son el agua y el calor*”.

Más adelante afirma lo que pretende con tales alumbramientos: extender la zona de prados, disolver los rebaños trashumantes, decuplicar el número de reses, estrechar el área destinada al cereal, doblando el rendimiento de granos por ha, introducir “*la ganadería de las aguas*” que se llama *piscicultura* – ¡¡¡ lo afirma en 1810 !!!, desarrollar el cultivo de los árboles frutales, iniciar la repoblación forestal, asegurar el cultivo de huerta, facilitar el crédito agrícola.

Y cita como ejemplos de la transformación agraria, no hidrográfica, los *highlanders* de Escocia que han pasado del cereal al ganado al igual que en Normandía. Y cuando compara nuestro estado con el del Reino Unido nos dice que “*allí según han ido disminuyendo el número de fanegas sembradas iba aumentando el número de fanegas de trigo recogidas, se producía más carme y más lana y por añadidura más trigo*”. Y remataba “*no me cansaré de repetirlo: el cultivo de trigo en las condiciones actuales nos está dejando sin patria, sin camisa*”.

Sí, en aquellos años los trigos de Ucrania o de EEUU llegaban a Barcelona o a La Coruña a precios más bajos que los de Huesca a esos mismos destinos. EEUU, Francia o Ucrania producían cereales con mayor mecanización, más altos rendimientos y con costes mucho más bajos que los de Castilla o Aragón. Y el nuevo transporte marítimo, primero los *clippers* y luego los barcos de vapor, permitían reducir grandemente los costes de transporte. El resultado era la no rentabilidad de los trigos de Aragón. De ahí la necesidad imperiosa del riego que **Costa** supo ver. Y ese riego precisaba antes de presas y canales para su distribución.

Esa es la constante de su pensamiento. Nos habla de un sistema arterial hidráulico, de que todo el territorio sea “*pradera entapizada y rebaños sin fin, dividido, espaciado*”, de una *población sin ronda ni suburbios*, de la sequedad de

su tierra que piensa redimir con el agua, con “*vergeles de árboles frutales, forrajeras y maderables*”... En otro lugar llega a afirmar “*sin canales no hay hierba, sin hierba no hay ganado, sin ganado no hay trigo, no hay agricultura remuneradora, que es decir europea, ...*”. Y le siguen unas líneas claramente medioambientalistas escritas a final del XIX. Y así afirma que “*los árboles reducen y fijan el carbono con que los animales envenenan en daño propio la atmósfera*”... Aquí está ya el efecto invernadero...un siglo antes...

Tal vez por su conocimiento de historiador es capaz de lanzar en 1880 un claro mensaje a los partidos políticos “*Regad los campos, si queréis dejar rastro de vuestro paso por el poder: los árabes pasaron por España, ha desparecido su raza, su religión, sus códigos, sus templos, sus palacios, sus sepulcros, y sin embargo su memoria está viva porque han subsistido sus riegos*”.

De ahí, que su obsesión fuera el río, su río, el Ésera, el agua, la regulación de los caudales mediante los pantanos para su aprovechamiento agrario. En una declaración que hace el diario El Globo el 15 de febrero de 1903 dice “*la política hidráulica es la expresión sublimada de la política agraria y generalizando más de la política económica de la nación*”. Él sabía que la aridez del suelo y las sequías eran una parte del problema agrario y la “política hidráulica” una parte de la solución.

Estas ideas de **Costa** no eran nuevas, pero él las defiende con ardor y fuerza inigualables, como defiende con rigor y fuerza los tres grandes proyectos: el canal de Tamarite, más tarde llamado de Aragón y Cataluña, que fertilizaría 104.000 has de Aragón, La Litera, y Cataluña; el de Sobrarbe que regaría 102.000 has de Barbastro y Somontano; y el gran pantano del Gállego que regaría los Somontanos de Huesca y los Monegros.

Al final de su vida solo pudo ver acabado el Canal de Aragón y Cataluña, partiendo de las aguas del Ésera y del Cinca, que permitió regar la comarca de La Litera, la suya, que inauguró **Alfonso XIII** el 2 de marzo de 1906 abriendo las compuertas del famoso Sifón de Sosa y que hoy riega cerca de 105.000 has, entre Aragón y Cataluña. Y el famoso “abrazo de Tardienta” se consumaría ya en la Transición y sería inaugurado por **Leopoldo Calvo Sotelo** en 1982.

Otros proyectos defendidos por él llevaban a España a crear 300.000 has de riego, lo que entonces era  $\frac{1}{4}$  parte de todos los regadíos existentes. Y nunca imaginó, era imposible técnicamente, el potencial de las aguas subterráneas quizás dominado por ese gran río que es el Ebro y los caudales pirenaicos que él veía a diario.

**Costa**, que muere en 1911, es así el enlace intelectual en esta materia del siglo XIX y su pensamiento se va a prolongar hasta bien avanzado el XX. Y su visión la veremos plasmarse en este siglo; el riego se aplicará a naranjos, olivo, viñas, melocotoneros, etc. “*principales artículos de exportación han de ser y principian a serlo las frutas*”. No se equivocaba. Es así en la actualidad. Y añadía “*las leyes naturales de la producción exigen dejar los pastos a Inglaterra y dedicar nuestro suelo al cultivo de agrios y de caldos. Pues eso mismo es lo que yo pretendo*”. Late aquí el pensamiento de **David Ricardo** (1772-1823) y su teoría de los costes comparativos. Y muchas de estas ideas han animado la política agraria del último siglo, y - con acierto- han hecho de España un país donde la hortofruticultura representa más de 1/3 de la producción agraria y el grueso de su exportación.

Pero no podríamos cerrar el s. XIX sin hacer mención de la gran obra hidráulica de Madrid que ha llegado hasta nuestros días. Me refiero al Canal de Isabel II, creado al amparo del Real Decreto de 18 de junio de 1851, refrendado por Bravo Murillo, mediante el cual se acuerda la realización de un canal a Madrid tomando las aguas en el río Lozoya. Ello es la consecuencia de un Madrid instalado fuera del cauce de un gran río –contrariamente al resto de ciudades europeas-, abastecido siempre por pozos, aguas subterráneas, por los llamados “viajes del agua”, pero cuyas posibilidades de abastecimiento se revelan insuficientes a medida que la población crece en los siglos precedentes. Este hecho marca, según el prof. Llamas, el principio de la aguda “hidroesquizofrenia”<sup>31</sup> que va a determinar toda nuestra política hidráulica, a causa de la separación de la gestión de las aguas subterráneas de las superficiales con olvido, sobre todo, de las primeras.

---

31. Llamas Madurga, M. Ramón. “La Directiva Marco del Agua, remedio de “hidroesquizofrenia”. El fiasco del acuífero de Madrid”. Ilustración de Madrid. N° 6. Primavera 2007. Pág. 5 a 14.

## **II.3.- La política hidráulica en el siglo XX y XXI en España y Europa.**

### *a) Del inicio del s. XX al XXI.*

De la mano de **Jovellanos** y **Costa** llegamos a Ley de 7 de enero de 1915 o a la aprobación del primer Plan Nacional de Obras Hidráulicas – el mismo año de la coronación de **Alfonso XIII** (1902) – en el que tanta influencia tuvo D. **Rafael Gasset** y las ideas regeneracionistas. Previamente, entre 1875 y 1902, se habían construido 17 embalses con una capacidad de 96 millones de m<sup>3</sup> y 24.000 hectáreas regables. El Plan de 1902 supuso una positiva labor de elaboración de un catálogo de presas, canales y zonas regables, extraordinariamente ambicioso, pues pretendía regar nada menos que 1,4 millones de hectáreas, fundamentalmente en el Guadiana y el Ebro. A este Plan le siguen los modificados en 1909, 1916 y 1919 (unido a la Ley de Fomento de la Riqueza Nacional), que siguen manteniendo en su esencia el de 1902.

A partir de los años 40 del siglo pasado la política de presas y de regadíos cobra una fuerza notable. Y así, si en 1918 la superficie regada era de 1,3 millones de hectáreas, entre 1940 y 1959 se ponen en riego entre el Ministerio de Obras Públicas y el Instituto Nacional de Colonización (Ministerio de Agricultura) 310.000 hectáreas, una cifra muy superior a todo lo transformado entre 1900 y 1940 (270.000 hectáreas). Y en los años que siguen se transformarán tierras en riego a razón de unas 45.000 hectáreas/año. Así el informe del Banco Mundial de 1962 afirmaba: “... de las 450.000 hectáreas que el Estado ha puesto en riego en los últimos veinte años, la mayor parte se ha realizado en la última década y 140.000 hectáreas, aproximadamente, en los últimos tres años”.

Paralelamente, se aumenta la capacidad de embalse que se decuplica entre los años 1940 y 1972, pasando de 4.133 hm<sup>3</sup> a 38.819 hm<sup>3</sup>, eso aumentó las riberas interiores en unos 8000 km. Cuando muere **Costa** solo había 80 grandes presas. Hoy hay más de 1200 presas (450 son anteriores a 1960) que almacenan más de 56.000 hm<sup>3</sup>, lo que supone el 50% de la aportación media anual de los ríos españoles. Y consecuentemente la potencia eléctrica de origen hidráulico se multiplicó casi por 10 en esos años. Y en materia de riegos, España en 1972 contaba ya con 1.655.000 has, a las que luego se añadirían 35.000 has nuevas por el Tajo-Segura y hoy -2016- se cuentan ya 3,54 millones de has. Por cierto aquel Trasvase

Tajo- Segura, tan cuestionado, sigue siendo hoy el único instrumento significativo realizado para favorecer la interconexión de cuencas, que más tarde pregonaría el plan **Borrell**, ya en tiempos de **Felipe González** o el Plan Hidrológico aprobado por **José M<sup>a</sup> Aznar**, que incluía un modesto trasvase del Ebro, y que fue derogado de modo inmediato por **José Luis Rodríguez Zapatero** (a ello aludiremos al tratar de la implantación de desaladoras).

Respecto al Trasvase Tajo- Segura conviene recordar lo que decía el escritor e ingeniero de caminos, **Joan Benet** “*el mayor antagonista de esa política hidráulica es la propia política*”. Y añadía que el mayor transporte hidráulico de gran longitud que es el Tajo- Segura constituye el mejor ejemplo de la animadversión entre vecinos. El toledano piensa que el Tajo es suyo y el aragonés lo propio con el Ebro, cuando este último río discurre por seis autonomías.

Pero hay diferencias. Hablar de **Costa** es hablar de redentorismo agrario e hidrológico. Hablar del **Plan Pardo** es hablar del fomento de la exportación y de la producción interior para evitar la deforestación. Hablar de los planes de colonización es hablar, en aquella España cerrada, de lucha por el empleo y por la autosuficiencia alimentaria. Y hablar del trasvase Tajo-Segura es hablar de algo que nació como un monumento a la exportación y, en buena parte, acabó bajo el criterio de sustitución de importaciones, como recordaba siempre el profesor **Agustín Cotorruelo**. Pues bien nada de eso nos vale hoy.

La orientación productiva de tales regadíos era en aquella época radicalmente diferente de la actual, pues su finalidad primaria eran la producciones de trigo, piensos y forrajes. En cualquier caso la transcendencia del regadío la demuestra que estimaciones de 1962 fijaban para una hectárea de trigo en regadío un rendimiento neto de 8.000 pesetas frente a sólo 1.500 en secano.

Durante estos últimos dos siglos el papel protagonista que en todos estos temas han tenido, básicamente, los ingenieros de caminos, canales y puertos y los ingenieros agrónomos, ha sido indudable y de todo punto encomiable. Pero desde hace años a ambas profesiones se han ido uniendo otras, en este camino hacia la verdad y la racionalidad hidrológica.

*b) Las cuencas hidrográficas.*

Aquellas ideas del fomento de la obra pública nos llevaron a una organización administrativa modélica tanto en materia de aguas como de riego cuyo hito sería la ley de Aguas de 1879, y la creación, años más tarde, de las Confederaciones Hidrográficas por el **Conde de Guadalhorce**, ministro de Fomento, basadas en el principio de unidad de cuenca y donde, por influencia también de otro gran aragonés, **Lorenzo Pardo**, se crea la Confederación Hidrográfica del Ebro ya en 1926.

Desde entonces, siempre ha sido considerada la “cuenca hidrográfica” como una unidad de gestión en España. Y la Ley de Aguas de 1985 así lo ratificó: “*La cuenca hidrográfica, como unidad de gestión del recurso, se considera divisible*”. Este concepto de cuenca como unidad de gestión tiene importantes implicaciones funcionales y administrativas. Ha sido adoptado como criterio para el aprovechamiento y gestión del agua en declaraciones y tratados internacionales con independencia de fronteras administrativas y políticas.

Pero esas políticas y el fuerte desarrollo de España en las últimas décadas han hecho que sea el cuarto país en consumo per cápita de agua sólo superado por EEUU, Canadá e Italia, los dos primeros abundantes en el recurso y el tercero tan escaso como nosotros. España es, a su vez, el primer país de Europa y el noveno del mundo en superficie de riego. No es una bendición, es una desgracia. Es el resultado de tener que luchar con la adversidad de un clima y tratar de vencerlo. Y, como en el resto del mundo, el consumo de agua para regadío representa una proporción muy superior a la de ciudades o usos industriales.

Tras la creación de la Confederación Hidrográfica del Ebro en 1926, vinieron sucesivamente todas las demás, aunque a lo largo de un período dilatado de tiempo; por orden cronológico: *Segura* (1926), *Duero* (1927), *Guadalquivir* (1927), *Pirineo Oriental* (1929), *Júcar* (1934), *Guadalhorce* (1948) que, posteriormente, se extendió al *Sur de España* (1960), *Tajo y Guadiana* (1953) y *Norte de España* (1961) que, posteriormente, fue segregada en dos, *Cantábrico* y *Miño-Sil* (2008) (Ver gráfico nº 5).

**Gráfico N° 5.- Cuencas Hidrográficas de España**



*Fuente:* Carlos Escartín. Conferencia en La Granda.2012

Fueron, además, ejemplo de modelos semejantes, también pioneros en el mundo, aunque posteriores a la creación de las Confederaciones Hidrográficas en España y con características y naturaleza algo distintas, la “*Tennessee Valley Authority*” (TVA) y las “*Agences de Bassin*” francesas. El impulsor de la creación de la TVA fue el Presidente **Franklin Roosevelt** en los años de la Gran Depresión.

Hoy en día el modelo se ha extendido por todo el mundo y existe, incluso, la *Red Internacional de Organismos de Cuenca (RIOC)* que fue creada en 1994 y en la actualidad, la RIOC agrupa a 134 organismos en 51 países.

En el contexto internacional, el artículo 11 de la *Carta Europea del Agua*, redactada y aprobada el 6 de mayo de 1968 en Estrasburgo, ya incluía que “*la administración del agua debe fundamentarse en las cuencas naturales más que en las fronteras políticas y administrativas*” como principio básico para una correcta gestión del agua. En esa línea, se aprobó en 1992, en Helsinki, el *Convenio sobre la protección y uso de los cursos de agua transfronterizos y los lagos internacionales*.

El modelo de gestión integrada lleva consigo el que la gobernabilidad del agua se circunscriba a la región natural que constituye la cuenca hidrográfica, en consecuencia, debe trascender los límites y fronteras de las divisiones artificiales político-administrativas.

La Constitución Española de 1978 no olvidó el tema y estableció en el art. 148 las materias cuya competencia pueden asumir las CCAA en sus Estatutos y en el art. 149 las que son competencia del Estado y añade en el art. 150, la posibilidad de transferir competencias estatales mediante leyes marco y leyes de transferencia. Pues bien en base al artº 149.1.22.a) las competencias sobre una cuenca que discurre solo por una Autonomía son de esa autonomía, mientras que las intercomunitarias son competencia del Estado. Pese a ello puede afirmarse que sigue viva la unidad de gestión, tratamiento integral, economía del agua y el respeto a la unidad de la cuenca hidrográfica. Y así la Demarcación Hidrográfica, constituye el ámbito espacial al que se aplican las normas de protección de las aguas contempladas en la Ley de Aguas.

Transcurridos casi 40 años desde la aprobación de la CE, quizás resulta algo cuestionable y digno de reconsiderar que, mientras el mundo del agua camina hacia la globalización, nosotros, para la gestión de un bien escaso y global, hayamos caminado pasando competencias desde los organismos estatales de cuenca a las autonomías. Con ello se corre el riesgo de acabar rompiendo el principio de unidad de gestión y llevarla a un plano todavía inferior, el de los usuarios. No olvidemos que, hace pocos años, fue premiada con el Nobel de Economía **Elinor Ostrom**, por sus trabajos sobre los bienes comunes y su gestión. Las teorías de la nueva Premio Nobel van en la línea, más peligrosa aún a mi juicio, de aproximar a los usuarios, a los regantes, las decisiones, no dejarlas en manos de gestores públicos. Y que aquellos se organicen para el control de los usos y las sanciones. Utiliza el ejemplo del Tribunal de las Aguas de Valencia que conoció bien hace años.

No creo que sea aconsejable. En cambio si queremos hacer algo consecuente en un país tan altamente irregular en tiempo y en geografía de sus recursos, recobremos el plan de interconexión de cuencas, todas, muerto en algún cajón burocrático pero que tenía todo el sentido de su lado. Y contémpiese el agua como

una política de Estado cuyas soluciones deben abordarse entre todos y definirla para un muy largo plazo mediante un Pacto de Estado para varias legislaturas que incluya trasvases entre cuencas para compensar aquellas que sufren déficits hídricos con frecuencia.

c) *La Directiva Marco Europea del Agua y los Planes Hidrológicos de Cuenca.*

Pero el agua ya no es objeto sólo de regulación interior. Estamos en la Unión Europea y sus directivas también atan al agua. La Directiva Marco Europea del Agua (DMA), en vigor desde el 22 de diciembre de 2000, nace como respuesta a la necesidad de unificar las actuaciones en materia de gestión de agua en la Unión y establecer unos objetivos medioambientales homogéneos entre los Estados Miembros para las masas de agua, y, como último objetivo, conseguir el buen estado de todas las masas de agua en el horizonte del año 2015. (Ver gráfico nº 6). Aquella Directiva pretendía “*evitar el deterioro de las masas de agua*. Además, como se verá la DMA está induciendo políticas, acciones e inversiones muy positivas en España.

Pero no olvidemos que esta DMA está ya anticuada. Se aprobó en 2000 y se traspuso a la legislación española en 2003, hace 17 y 14 años respectivamente. Es antigua porque los nuevos conceptos de agua azul, verde, virtual o huella hídrica ni se mencionan. Su desarrollo es muy positivo pero está pidiendo ya otra nueva DMA. Estamos ante un “cambio de época” no ante una “época de cambios”.

Gráfico nº 6.- Cuencas Nacionales e Internacionales en la Unión Europea



La implantación legal de la DMA en la legislación nacional española se realizó por medio del artículo 129 de la Ley 62/2003 que modificó el Texto Refundido de la Ley de Aguas, aprobado por Real Decreto Legislativo de 2001. Y su aplicación se basa en la adopción por los Estados miembros de una serie de medidas viables de una forma transparente y participativa pues deben incluir un resumen de esas medidas (establecidas en sus “programas de medidas” o PDM) en sus Planes Hidrológicos de Cuenca (PHC).

Los PDM consisten en una serie de medidas básicas y obligatorias, entre otras: la protección de las aguas subterráneas contra la contaminación y el deterioro; las normas de calidad ambiental en el ámbito de la política de aguas; la protección de las aguas contra la contaminación producida por nitratos procedentes de fuentes agrarias; el tratamiento de las aguas residuales urbanas; las emisiones industriales; la calidad de las aguas destinadas al consumo humano; la gestión de la calidad de las aguas de baño; la evaluación y gestión de los riesgos de inundación; el marco de acción comunitaria para la política del medio marino; el marco de la actuación comunitaria para conseguir un uso sostenible de los plaguicidas, etc. Además, los Estados miembros están obligados a adoptar medidas suplementarias si resultan necesarias para alcanzar los objetivos ambientales.

A tal fin, el Texto Refundido de la Ley de Aguas señala que cada demarcación hidrográfica establecerá un PHC que incluirá un resumen de los programas de medidas adoptados para alcanzar los objetivos previstos (con indicación de su coste y del plazo estimado para la consecución de los mismos). En tal sentido la DMA ha ido mucho más allá de la ley de Aguas de 1985 al dar un gran protagonismo al medio ambiente, como señala R. Llamas<sup>32</sup>, vía la salud ecológica de los ecosistemas acuáticos.

De acuerdo con el calendario establecido por la DMA, los PHC (con sus correspondientes PDM) debieron estar aprobados en 2009 y se planteaba la primera revisión en 2015. Pero en 2012, el Tribunal de Justicia de la UE condenó a España por no haber culminado a tiempo el primer ciclo de Planificación Hidrológica 2009-2015. La sentencia europea no conllevó sanción económica, pero el procedimiento infractor que derivó en ella sigue abierto.

Por otro lado, respecto a la evaluación de la planificación hidrológica en España del primer ciclo 2009-2015, el resultado es que más del 50% de todas nuestras aguas están en mal estado y el Tribunal de Justicia de la Unión Europea<sup>33</sup> ha considerado que la transposición ha sido incompleta o parcial respecto de ciertas cuencas intracomunitarias del Reino de España. Actualmente hay tres procesos sancionadores abiertos por incumplimientos.

---

32. Llamas Madurga, MR. ‘La DMA y la planificación hidrológica’. CICCyp. Madrid. 2013.

33. Sentencia de 24 de octubre de 2013.

Sin embargo, el Consejo de Ministros aprobó el 8 de enero de 2016, dieciséis PHC correspondientes al segundo ciclo de Planificación (período 2016-2021), pero todavía faltan los planes de Cataluña y de Canarias para que esté finalizada toda la Planificación Hidrológica, que, según la normativa europea, debía estar lista antes del fin de 2015. El retraso puede provocar sanciones económicas y pérdidas de fondos europeos a voluntad de la Comisión Europea.

De las veinticinco Demarcaciones Hidrográficas con que cuenta España trece son las correspondientes a competencias de Comunidades Autónomas. El resto, doce, son de competencia estatal. Pues bien, esos dieciséis planes hidrológicos mencionados, afectan a 12 cuencas intercomunitarias (Cantábrico Occidental, Cantábrico Oriental, Miño-Sil, Duero, Tajo, Guadiana, Guadalquivir, Segura, Júcar, Ebro, Ceuta y Melilla) y a 4 cuencas de ámbito exclusivamente autonómico (Galicia Costa, Tinto-Odiel-Piedras, Guadalete-Barbate y Cuencas Mediterráneas Andaluzas). Y en Consejo posterior del 15 de enero, el Gobierno aprobó los planes de gestión de inundaciones para esas 25 demarcaciones hidrográficas. No sin problemas de los ecologistas del bajo Ebro que ya están enfrentados a sus comunidades de regantes por dicho Plan y el futuro del Delta y otros similares ya se anuncian respecto al agua del Trasvase Tajo-Segura....

Hay que decir que son, ambas, probablemente, las medidas más relevantes acordadas a lo largo de los últimos años en esta materia y además implican una inversión futura de 17.500 millones de euros de los cuales 15.000 serán destinados a las cuencas intercomunitarias y 2.500 a las autonómicas. Estas medidas eran muy necesarias desde hace mucho tiempo porque antes de 2009 tenía que haber sido aprobada, la primera, ya que la Directiva Marco del Agua de la Unión Europea lo exigía para el primer ciclo de planificación hidrológica correspondiente a 2009-2015. Sin embargo, a finales de 2011 ningún plan había sido aprobado. La demora en la aprobación hubiera implicado la apertura de varios procedimientos de infracción por parte de la Comisión Europea. Haber cerrado esta amenaza y aprobado los RD de enero de 2016, ya comentados, es un extraordinario logro de la Ministra Isabel García Tejerina.

En definitiva, un enorme esfuerzo en estos años, con dos ciclos de planificación impulsados en la Legislatura, para poner a España al día en materia de planificación hidrológica, recuperar el retraso acumulado y poder conocer, hoy,

las necesidades existentes, los recursos disponibles y las actuaciones a impulsar en cada caso. Y es más, de no haberse aprobado estos planes, España no hubiera podido acceder a partir de ahora a los Fondos Comunitarios destinados a esta finalidad.

Esfuerzo que se ha complementado con una mayor eficiencia en el riego ampliando las superficies de goteo en detrimento de las demás, de tal modo que se han modernizado hasta alcanzar 1,6 millones de has mediante goteo, lo que supone cerca de 47,2% del total de los sistemas de riego y un ahorro de agua de 3000 hm<sup>3</sup>/año. Pese a ello la inversión en infraestructuras hidráulicas está lejos de alcanzar las cifras necesarias para los niveles de depuración y eficiencia en riego que son deseables y que exige la UE.

Hoy resulta evidente que España necesita un gran “Pacto de Estado del Agua” que conduzca a un Plan Nacional de Cuencas Hidrográficas y en base a ello a otro Plan Nacional de Regadíos. Y todos ellos con perspectivas de varias legislaturas que saquen del debate político estos temas tan esenciales para la vida económica y social de España.

#### *d) La Directiva Marco Europea del Agua y los abastecimientos urbanos*

Más de la mitad de la población mundial vive hoy en núcleos urbanos. Y esas personas consumen unos 130/ 150 l/hab/día, consumo que puede ser más responsable y bastar solo con 100/110 l. A medida que crece la población y dado que el volumen de agua dulce en el mundo es un valor constante, se hace más y más necesario evitar pérdidas de agua y ser cada vez más eficiente en el uso y distribución del agua, sea para riegos, sea para el medio urbano.

La permanente preocupación de los gobernantes de todo tiempo con el abastecimiento de aguas a poblaciones se materializa en España mediante la obra icónica de los tiempos romanos del Acueducto de Segovia. Pero una visión más moderna la aporta el interés del s. XIX por las aguas y el abastecimiento de nuestras ciudades, con la creación, en muy poco espacio de tiempo, de las sociedades Canal de Isabel II en 1851 para el abastecimiento de Madrid y de Aigües de Barcelona en 1867, para Barcelona.

Hoy en España (INE-2013) las redes públicas de abastecimiento urbano suministran 4.324 hm<sup>3</sup> de agua de las que  $\frac{3}{4}$  partes fueron agua registrada, es decir medida por los contadores de los usuarios. El resto se estima mediante aforos. Pero a hogares fueron 2.218 hm<sup>3</sup>, los sectores económicos emplearon 695 hm<sup>3</sup>, mientras que los consumos municipales (jardines, limpieza de calles, etc.) sumaron 298 hm<sup>3</sup>.

De esos volúmenes, el 66,4%, captado por las empresas o por entes públicos proveedores del agua, procedió de aguas superficiales mientras que un 30,1% tuvo su origen en aguas subterráneas. El resto (3,5%) provino de otras fuentes (desaladas, etc.). Las pérdidas reales se estiman en 678 hm<sup>3</sup>, es decir un 15,7% del total de agua suministrada.

La gestión de este ciclo integral del agua está hoy encomendado, según las ciudades, a empresas privadas o a empresas públicas, pero sean una u otras, el fin es siempre el mismo: asegurar el control óptimo del agua para que los consumidores reciban en sus domicilios agua en volumen y calidad adecuadas.

Eso significa que hay que mantener una red de abastecimiento en perfecto estado, con el menor volumen de pérdidas posible, una red de colectores eficiente, el mantenimiento de una innovación sostenible, un desarrollo de I+D+i permanente, no se puede bajar la guardia, ... Todo ello para aunar la máxima higiene posible con la máxima comodidad urbana. No es fácil pero disfrutamos de ello a diario sin apenas darnos cuenta, lo que muestra su alta fiabilidad.

Hoy en todas nuestras poblaciones las gestoras del agua, suministran agua potable, recuperan y reciclan residuos y tratan aguas depuradas y regeneradas con controles de calidad exhaustivos y múltiples EDARs, que deberán ir creciendo cada vez más, como así sucede ya. Pero hoy el marco de actuación nos llega definido desde la Comisión Europea, la legislación europea constituye el auténtico motor respecto al ordenamiento estatal y autonómico en materia de aguas.

En el ámbito urbano, el saneamiento (recogida) y la depuración de las aguas son las primeras medidas a desarrollar para proteger la salud de las personas y el medio ambiente y así, la principal y primera norma que surge en este sentido es la

Directiva 91/271/CEE, de 21 de mayo de 1991, (modificada posteriormente por la Directiva 98/15/CE) relativa al tratamiento de las aguas residuales urbanas, a la que ha seguido la más amplia Directiva 2000/60/CE (Directiva Marco del Agua-DMA).

De esta forma, en Europa, y por ende en España, la depuración de aguas residuales urbanas es una práctica obligada desde la publicación de la Directiva 91/271/CEE, donde se define como principal objetivo proteger al medio ambiente de los efectos negativos de los vertidos de las aguas residuales urbanas y de los sectores industriales.

El cumplimiento de esta Directiva implicaba que, desde el año 2005, todas las aglomeraciones urbanas mayores de 2.000 habitantes-equivalentes debían contar con sistemas de depuración conformes a los límites de vertido en ella establecidos. En definitiva, un tratamiento eficaz en todas las aglomeraciones importantes, y un tratamiento adicional para aquellos vertidos realizados en zonas sensibles.

Esta obligación supuso una fuerte inversión por parte de las Administraciones Públicas a todos los niveles (europeas, nacionales, autonómicas y locales) en el diseño, construcción y mantenimiento de estaciones depuradoras de aguas residuales (EDAR's) o regeneradoras (ERARs), si bien quedan aún pendiente un número importante de instalaciones por construir para garantizar los requerimientos mínimos exigidos por la Directiva.

De hecho, según los últimos informes, España se sitúa actualmente en el puesto diecinueve, de veinticinco países analizados de la UE, en términos de cumplimiento de la Directiva 91/271. Y eso ha llevado a España a ser llevada al Tribunal de Justicia europeo y condenada por no tratar correctamente las aguas residuales urbanas en cuatro aglomeraciones, mientras que Francia y el Reino Unido se enfrentan a acusaciones similares de la Comisión Europea.

A partir de la adopción en el año 2000 de la Directiva Marco del Agua (DMA), la política de aguas europea fue sometida a un fuerte proceso de reestructuración. La DMA establece un marco comunitario de actuación en el ámbito de la política de aguas para la protección de las aguas superficiales continentales, las

aguas de transición, las aguas costeras y las aguas subterráneas a fin de prevenir y reducir la contaminación, fomentar un uso sostenible del agua, proteger el medio acuático, mejorar la situación de los ecosistemas acuáticos y paliar los efectos de las inundaciones y las sequías. Salvo en caso de excepciones específicas, todas las aguas deben alcanzar un buen estado ecológico mediante el uso de planes hidrológicos de cuenca.

Los planteamientos más significativos de la DMA, a los efectos de este epígrafe, atañen al control de los vertidos con el fin de su eliminación inmediata o, en su caso, de su progresiva reducción lográndose con ello el buen estado ecológico de todas las aguas en diciembre de 2015.

En relación con la depuración, expresamente en su artículo 10, la DMA establece que los Estados miembros velarán por el establecimiento y/o la aplicación de la Directiva 91/271. En cuanto al saneamiento, a pesar de la inexistencia de referencias expresas en el texto, los principios contenidos en la DMA y los objetivos marco deben presidir cualquier política relacionada con los recursos hídricos y por tanto se debe tener presente su implementación en el desarrollo de gestión de las aguas residuales.

Así, en el artículo 4 en el que se establecen los objetivos ambientales de la DMA, aparecen evidentes vinculaciones con el saneamiento, pues se exige que los Estados Miembros tomen respecto a las aguas superficiales “*las medidas necesarias para prevenir el deterioro del estado de todas las masas de agua superficial*”. También en la clasificación de “*zonas protegidas*” las tareas de depuración de aguas residuales adoptan un papel fundamental. El artículo 16 prevé asimismo “*Estrategias para combatir la contaminación de las aguas*”. De ahí la importancia de las estaciones de depuración de aguas residuales (EDARs).

La DMA establece una legislación común para todos los Estados miembros pero con la dificultad de que la situación de partida de cada uno de ellos es distinta. A día de hoy, por diferentes razones y en diversos aspectos de los planteados por la Directiva, España y otros países de la Unión Europea no cumplen con la DMA, por lo que deben seguir realizándose esfuerzos en esta materia.

Finalmente, en cuanto a las aguas urbanas no podemos olvidar que las redes de distribución requieren de importantes niveles de inversión para mantener su buen estado y así evitar pérdidas de agua. Cuando estos sistemas no se conservan adecuadamente se llega a niveles de pérdidas que pueden resultar intolerables. Y hay que ser conscientes de que, en ocasiones, no se realizan las inversiones precisas en las redes de abastecimiento como consecuencia de las bajas tarifas. Cuando esto es así, y lo es con demasiada frecuencia, ese déficit de tarifa, se traslada a la infraestructura, con su progresivo deterioro. España es uno de los países europeos con una tarifa del agua más baja en el agua.

e) *Las aguas subterráneas y las desaladoras*<sup>34</sup>.

Hay una cierta tendencia a tratar el tema de las aguas con referencia casi exclusiva a las aguas superficiales olvidando las aguas subterráneas y las procedentes de desalación, que ya mencionamos anteriormente cuando aludíamos a la expresión del prof. **Llamas** sobre la “hidroesquizofrenia”. Hoy en España se extraen más de 7 km<sup>3</sup> de agua subterránea con las que se riegan cerca de 1 millón de has. La inversión necesaria para la extracción es de carácter privado y la eficiencia en el uso del agua suele ser muy elevada. Para la Directiva del Agua se han inventariado casi 1000 masas de agua subterránea que representan algo más de la mitad, aproximadamente, de las existentes. Masas que por vez primera aparecen en la web de MAGRAMA

Respecto a la desalación, esta sí es una técnica nueva que comienza a aplicarse intensivamente en España a raíz de la sustitución de aquel Plan Hidrológico de 2004 por una serie de desalinizadoras de nueva construcción con una capacidad total de unos 700 Mm<sup>3</sup>/año, todas ellas en la zona de Alicante-Murcia-Almería. Es cierto que existían ya en España diversos antecedentes en Canarias (Lanzarote en 1964), hecho lógico dada la escasez de agua en las islas y su facilidad de cambiar agua marina por agua dulce y que su uso es muy frecuente en Israel. Y existen hoy otros antecedentes en ciudades importantes como Boston o Londres, o en áreas geográficas como Arabia Saudí, Argelia, Marruecos, Emiratos árabes, etc.

---

34. En los trabajos técnicos sobre esta materia se usan indistintamente las expresiones “desaladoras” y “desalinizadoras”.

Pero todo este proceso se ve también propiciado por las nuevas tecnologías de desalación -ósmosis inversa- lo que hace lanzar al Gobierno Zapatero el Plan AGUA para construir 20 grandes desaladoras. Pronto se comprueba que sus altos costes de producción, debido al alto consumo energético conllevan unos precios ( $0,50\text{€}/\text{m}^3$  frente a  $0,15\text{€}/\text{m}^3$ ) que no son aptos para la agricultura, aunque sí para usos industriales, urbanos o turísticos. Su carácter modular las hacen especialmente propicias para lugares muy concretos con consumos muy determinados, así por ej., para abastecer zonas muy urbanas y turísticas, pero no áreas agrarias salvo que los productos obtenidos sean de muy alto valor añadido como sucede con la zona de invernaderos de Almería u otras de Murcia<sup>35</sup>. Aquel Plan AGUA tuvo escaso éxito, y mereció algún comentario poco favorable por parte de la Comisión Europea ya que parte de su financiación procedió de la UE<sup>36</sup>. Pero fue esta una nueva política en España que se añadió a la de presas y canales ya expuesta.

f) *El agua, el riego y el cambio climático en España.*

España dispone de una precipitación media anual de 636 mm/año, de aguas subterráneas en 29,9 miles de millones de  $\text{m}^3/\text{año}$  y aguas superficiales de 109,5 miles de millones. Si se descuentan las parte comunes, los recursos totales son 111,2 miles de millones de  $\text{m}^3$  y ello en términos relativos sobre nuestra población da 2378  $\text{m}^3/\text{cap}$ . Las presas embalsan 1146  $\text{m}^3/\text{cap}$ , casi la mitad de los recursos totales y existen censadas hoy 1000 masas de agua subterránea junto a 3000 masas de aguas superficiales. La extracción total de agua para la agricultura es del 75%, la de la industria 5%, la de usos urbanos 12%, la de servicios (excluido turismo) un 4%, el turismo, golf incluido 4%<sup>37</sup>. Un dato revelador y muy positivo es que el 100% de la población rural o urbana está censada como “con acceso a agua potable saludable”. Y como se ve es la agricultura la que mayores recursos extrae del total, según AQUASTAT<sup>38</sup>.

- 
- 35. Baltanás, Andrés. “Algunas consideraciones sobre la desalación en España”. Revista de Obras Públicas., reproducida por iAgua.
  - 36. Aldaya, Maite y Llamas Madurga, M. Ramón. “Los conflictos del agua en España: ¿tienen sentido hoy?”. Seguridad Global. Primavera 2012. Choiseul. 2012.Pags. 53-66.
  - 37. Datos de Martínez Santos et al. 2013, citados por Llamas, M. Ramón. 2015
  - 38. FAO. AQUASTAT. Años 2008-2012.

Pero España no es un país seco en cuanto a su nivel de precipitaciones y aguas subterráneas (“agua azul”), sino que lo es en cuanto a su caprichosa distribución. El problema podría ser si no dispusiéramos de agua, pero no es el caso. Para una población de algo más de 44 millones de habitantes la escorrentía anual de nuestro país arroja una dotación de unos 2500 m<sup>3</sup>/ habitante y año, una cifra que podemos comparar con los 1000 m<sup>3</sup> que definen un índice pleno de desarrollo, incluyendo en los mismos las necesidades agrícolas e industriales. Hay agua, incluidas las subterráneas. Tal vez no hayamos sabido distribuirla. Estamos ante el problema de la GIRH o la gobernanza del agua.

Y en cuanto a la superficie regada España cuenta con una superficie regada de unos 3,54 millones de has<sup>39</sup>, cifra superior a la de Rumanía (3,0), Italia (2,8) o Francia (2,6). Si bien en términos de porcentaje sobre la superficie cultivada, Italia alcanza el 29% y España solo dispone de un 16%. Comparaciones con Alemania, Reino Unido o Francia carecen de sentido por tratarse de países muy húmedos mientras que España es un país árido.

Los cultivos con más has de riego son los cereales (990 mil has), forrajeras (254 mil), olivar (739 mil), viñedo (342 mil), cítricos (283 mil), frutales no cítricos (261 mil), hortalizas y flores (202 mil), etc. En ellas las de más alta productividad (€ valor añadido/ha) son los últimos. Y tiene más sentido aplicar el riego en zonas de altos niveles de insolación para que el valor añadido sea mayor. Tras estas cifras late el dilema de la productividad del agua según cultivos y es evidente que, *grosso modo*, el 80% del agua consumida produce un 20% del valor económico total de la agricultura de riego.

Sobre la eficacia de los sistemas de riego, es necesario proseguir la tendencia en favor de los riegos localizados (707 mil has), en detrimento del riego por gravedad (1004 mil has) o por aspersión (529 mil) o automotriz (1,7 M has). Y es digno de destacar que el localizado tiene más presencia en los regadíos de Andalucía, Castilla-La Mancha, Comunidad Valenciana y Murcia y especialmente en el riego de olivar, viñedo, cítricos y otros frutales y hortalizas, es decir los de mayor valor añadido por ha.

---

39. Los datos de riego de España están tomados de la Encuesta de MAGRAMA 2013.

Pero España es uno de los países de la UE con mayor superficie bajo “estrés hídrico”<sup>40</sup>. El consumo de agua supera el 40% del agua total disponible en un 72% de la superficie española, lo que contrasta con el 26% de la superficie italiana o con el 1% de la alemana<sup>41</sup>. Ese estrés hídrico exige una mayor eficiencia en el uso del recurso, una mayor dotación de embalses, más inversiones de mantenimiento y eliminación de pérdidas en las redes de abastecimiento. Sin embargo España solo invierte en infraestructuras del agua un 0,11% de su PIB mientras que Francia, Italia, Alemania o Reino Unido, que no sufren tanto de la aridez y el estrés como España, dupliquan ese porcentaje con un 0,25% de su PIB. En paralelo se hace preciso proseguir con la labor de los últimos años en mejorar la eficiencia de los regadíos.

En cuanto a las previsiones del cambio climático realizadas hasta la fecha, el impacto sobre el agua es de carácter negativo: reducción de los recursos hídricos y aumento de la magnitud y frecuencia de fenómenos extremos como inundaciones y sequías.

Ya el Libro Blanco del Agua en España (NIMAM, 2000a), exponía que el cambio climático produciría, en el escenario menos pesimista, una disminución del 5% en las aportaciones totales en régimen natural en España, siendo el impacto más severo en el sureste peninsular, la cuenca del Guadiana, el valle del Ebro y la España insular. Esta disminución vendría acompañada de una mayor variabilidad anual, interanual y estacional.

Las proyecciones<sup>42</sup> de 2012 del Informe del CEDEX-MAGRAMA sobre esta materia pueden condensarse en los siguientes puntos:

- Es previsible que en los próximos años el cambio climático afecte intensamente a nuestros recursos hídricos debido a la alteración del régimen habitual de las precipitaciones y al incremento de las temperaturas.

---

40. Se dice que hay estrés hídrico cuando el consumo de agua supera el 40% del agua disponible.

41. AT Kearney. Contribución de las infraestructuras al desarrollo económico y social de España. Y Áreas prioritarias para una inversión sostenida en infraestructuras en España. Septiembre 2015.

42. CEDEX. Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente. Estudio de los impactos del cambio climático en los recursos hídricos y las masas de agua. Informe Final. CEDEX. 40-407-1-001. Madrid, diciembre 2012.

- La reducción generalizada de la precipitación, conforme avanza el siglo XXI, inducirá reducciones en las disponibilidades de agua. Y habrá junto a grandes sequías, periodos de gran concentración de lluvias (acaba de observarse en diciembre 2016) que, de no ser aprovechadas mediante embalses regulatorios, se perderán. Es necesaria una nueva programación de embalses regulatorios.
- El conjunto de proyecciones de dos diferentes escenarios de emisiones suponen decrementos de precipitación media en España en el entorno del -5%, -9% y -17% durante los períodos 2011-2040, 2041-2070 y 2071-2100 respectivamente, en uno de los escenarios previstos y cifras con una disminución de lluvia del -8% en el segundo.
- El análisis de las precipitaciones máximas diarias, directamente relacionadas con inundaciones, revela importantes incertidumbres derivadas de las diferencias de resultados entre proyecciones. Y al tiempo que se observa una tendencia decreciente de la lluvia total anual, se aprecia un aumento de la de la precipitación máxima diaria respecto a la lluvia total anual en un número considerable de regiones de España.
- Simultáneamente se prevé un aumento de la temperatura y, por tanto, de la evapotranspiración vegetal. Sin embargo, el efecto de este aumento en el ciclo hidrológico es menor por concentrarse en verano durante el cual el suelo tiene un reducido contenido de agua.
- Este cambio climático afectará más al consumo de agua en viviendas unifamiliares que en plurifamiliares. Los incrementos de demanda doméstica estimados para el promedio de España, son del 2/3%. Sin embargo, para finales del siglo XXI (periodo 2071-2100) alcanzaría, aproximadamente, un 4-6%.
- Y respecto a las diferencias entre consumos en cultivos anuales o perennes, la temperatura será el factor de mayor influencia en los cambios de las necesidades netas de agua de riego de los cultivos anuales de verano, mientras que en los cultivos permanentes de regadío tendrán una influencia significativa mayor los cambios en la precipitación total y en su distribución.

- Finalmente, es previsible una reducción creciente del recurso disponible en los periodos 2011-2040 y 2041-2070 frente al periodo de control, pero en el periodo 2071-2100 el recurso disponible se reducirá menos que en los dos anteriores respecto al de control o incluso aumentará ligeramente con respecto al de control.

Tras lo anterior cabe una pregunta: ¿Sería necesaria una Nueva Ilustración medioambiental para abordar mejor la vida humana en un planeta Tierra sometido al cambio climático? Pienso que sí...

### **III.- Nuevos paradigmas.**

Pues bien hoy, inmersos en una economía global del recurso, donde este es determinante de la pobreza y/o hambre de millones de personas, debemos construir un nuevo esquema de pensamiento. Y además, hay que partir de que el mundo del agua ha cambiado desde los tiempos de **Adam Smith** o la mitad del s. XX, cuando el recurso era un bien libre y abundante a otro en el que la escasez relativa es la tónica mundial y española. Profundicemos algo más en estos aspectos.

#### *a) El agua como bien económico escaso y global.*

El primer gran cambio se debe a que el agua ha dejado –ya hace tiempo– de ser un “bien libre” para ser un “bien económico”, de gran valor y cada vez más de mayor precio. Ya no es, junto con el aire, el ejemplo de aquella paradoja del valor y el precio que enunciara en su día **Adam Smith**. Su escasez lo ha dotado de precio y este se encarece día a día. Sus usos luchan en un mercado competitivo, aunque regulado, y para su uso son necesarias obras de captación, transporte rural o urbano, depuración, etc. Y para su obtención disponemos de varias fuentes –superficiales, subterráneas, depuradas, marinas desaladas, etc.–

El segundo factor de cambio es que ese bien económico ha pasado ya de ser un bien privado a ser un “bien común”, más allá del concepto de bien de dominio público. Diría más, ha pasado a ser considerado como algo “vital”, sí... hay una “agua vital”, como hay un “agua verde, azul o gris”, y esa parte vital que el ser humano precisa ha devenido en considerar el agua “como un derecho de la huma-

nidad”. Al igual que proclamó la FAO hace décadas con la “alimentación como un derecho de los pueblos”. Es un bien de la humanidad, un “bien global”, cuyas interrelaciones nos afectan a todos. Y esto nos debe llevar a una reflexión sobre la gestión global de ese bien<sup>43</sup>.

Salgamos de este vericueto del “bien económico” y entremos un poco en su carácter de “bien global” en una economía como la actual. Estamos viviendo ya una nueva economía. Mucha gente piensa que a la salida de la crisis todo será igual que antes. Es falso. La salida va a entrañar tales cambios económicos en las estructuras productivas nacionales, en el comercio global y en las relaciones estratégicas internacionales que nada será igual. Y el agua se ha convertido en ese juego mundial en un factor determinante del nuevo poder, de las nuevas relaciones, y de las nuevas potencialidades productivas.

*b) El “agua virtual” y la “huella hídrica”.*

Y si la mayor parte del agua es gastada para agroalimentación es que la gastamos para comer y eso significa que “comemos agua”, pero, también consumimos agua cuando compramos una camisa o un automóvil. . Entremos en el método de análisis que nos proporciona la “huella hídrica” y el “agua virtual”. A finales de los 70’ calculábamos las calorías fósiles necesarias para generar 1 caloría biológica puesta en el plato del consumidor. Ahora hacemos lo mismo con el agua. Y así podemos decir que en cada kilo de comida ingerimos una enorme cantidad de agua que ha sido necesaria para obtener el bien puesto en el plato del consumidor.

Penetremos pues en los nuevos conceptos que desde hace unos tres lustros están dominando este debate. Me refiero a la “huella hídrica”, al “agua virtual” y dentro de ella el “agua azul , el agua verde y el agua gris”. Unas leves explicaciones aclararán estos conceptos.

---

43. Es sintomático cómo, en las célebres películas de Mad Max, la primera de ellas partía de las luchas entre los pocos habitantes del planeta que peleaban salvajemente por el petróleo (1979) mientras que en la última (2015) la lucha encarnizada es por el agua bajo una idea de globalización, calentamiento del planeta y el valor del agua en el liderazgo del mundo actual. Ambos bienes económicos o recursos son los más escasos del planeta y por ello aquí son icónicos.

El “agua virtual” (**Anthony Allan**, 1993) es un nuevo indicador que revela la cantidad de agua necesaria para la fabricación de cualquier bien agrícola o manufacturero<sup>44</sup>. Así 15.000 litros de agua son necesarios para producir 1 kg de carne de vacuno; 6.000 litros para producir 1 kg de pollo; 3.000 litros para producir 1 kg de arroz; 2.700 litros para producir 1 camiseta de algodón; 2.000 litros para producir 1 kg de papel; etc. Y sí... gastamos unos 2.500/4.000 l en cada comida. ¡Parece imposible! pero es así.

Por su parte la “huella hídrica” o “water footprint” (**Arjen Hoekstra- 2002**) es un indicador alternativo del uso que se define como el volumen total de agua dulce usado para producir los bienes y servicios obtenidos por una empresa, o consumidos por un individuo o una comunidad. Se trata de saber cuánta agua ha sido consumida en los procesos de producción, transformación envasado, comercialización, venta, etc. de un bien o servicio. Ello permite comparar los grados de eficiencia entre productos según país u orígenes. Y si se integran todos los consumos de una persona o de un país permite saber la “huella hídrica” de ese país o de sus habitantes. Así, por ej, la huella hídrica de China es alrededor de 700 m<sup>3</sup> por año per capita y de ella solo cerca del 7% proviene de fuera de China. Japón tiene una huella hídrica total de 1150 m<sup>3</sup>/hab.año., de la que alrededor del 65% proviene de exterior del país. La huella hídrica de EEUU es 2.500 m<sup>3</sup>/hab.año. Y la huella hídrica de la población española es 2.325 m<sup>3</sup>/hab.año., alrededor de 1/3 de esta huella hídrica se origina fuera de España, somos pues más dependientes del agua interna que de la del exterior. (Otras “huellas” nuevas pero que van avanzando en cuanto a su uso, son la “huella ambiental” de la humanidad, la “huella de carbono”, etc.)

Paralelamente, si Australia es capaz de producir 1 tm de arroz con un consumo de agua virtual de 1022 m<sup>3</sup> mientras que a Brasil le cuesta 3082 m<sup>3</sup> ¿no tendría sentido que Brasil importara arroz de Australia y recondujera esas tierras a otros cultivos donde su ratio m<sup>3</sup>/tm sea óptimo en términos comparativos?

---

44. En España hace más de una década que la Fundación Botín inició los estudios de agua virtual lo que ha dado origen a numerosas comunicaciones y a la creación de un Observatorio del Agua. Ver <http://www.fundacionbotin.org/observatorio-contenidos>

Y además, no es indiferente frente al balance acuífero de la humanidad o de España que comamos unas cosas u otras. Y ya hemos visto que la ganadería es más consumidora de agua que los vegetales y más emisora de gases de efecto invernadero. De ahí nace otro debate sobre el modelo alimentario, vegetariano o tradicional, desde la economía del agua.

Las ideas expuestas, creo, abren una importante polémica: ¿Debemos cambiar nuestro modelo alimentario que es el fruto de siglos de cultura agrícola y gastronómica, eliminando total o parcialmente productos animales a favor de lo vegetal? ¿Debemos modificar nuestros modelos productivos? ¿Será el final un mix de ambas tendencias? No soy capaz de dar respuesta, sólo de suscitar la reflexión y las preguntas, las dudas.

Si pasamos ahora a los consumos no verdes, a los que están unidos a lo industrial o a los servicios urbanos, al “agua gris”, podemos formular reflexiones semejantes. ¿Ha evolucionado suficientemente la arquitectura urbana como para plantear diseños en los cuales la reutilización, el menor consumo y la depuración sea su base, al igual que hoy ya se diseña pensando en la eficiencia energética y aprovechamiento de energías renovables? No, ese cambio, no se ve y corresponde a las ingenierías, las arquitecturas, la técnica en suma, poner en marcha iniciativas tan necesarias.

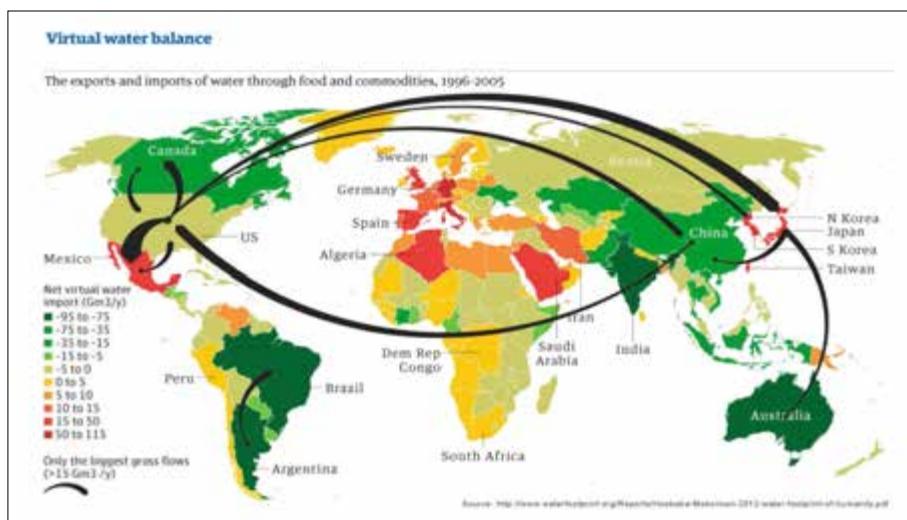
Porque ¿acaso seguiremos incentivando el cultivo o la producción de tal o cual bien cuya agua virtual sea una pesada carga cuando tal producción se desarrolla en una país escasamente dotado del recurso? ¿No será más lógico especializarnos en productos cuya agua virtual sea escasa e importar aquellos cuyo coste en términos de recurso sea mayor?

Por otra parte todas estas nuevas ideas, agua azul, verde, virtual, huella hídrica, etc., solo aparecen en la última década del siglo pasado, y aunque suponen una gran revolución intelectual, todavía no ha llegado a la sociedad, esta no es consciente de la importancia antropocéntrica de estos nuevos parámetros. ¿Cambiará pronto? Esperemos que sí.

c) *El comercio mundial de “agua”.*

El uso de los conceptos del “agua virtual” y la “huella hídrica” debería traer consecuencias inmediatas sobre la ordenación de los recursos productivos en la geografía mundial y nacional. Porque esta línea de razonamiento nos lleva a pensar en la cantidad de agua que ha exigido y que “porta” cada tm. que importamos o exportamos y por tanto en la eficiencia del comercio internacional para reducir aquí o allá, según lo que producimos y exportamos o importamos, las necesidades de agua en lugares donde esta es escasa o contrariamente abundante. Por ej. España importa en un año en materias primas<sup>45</sup> agrarias más agua virtual de la que consumen todos sus sectores, incluido el agrícola. El gráfico nº 7, que sigue, muestra las grandes corrientes exportadoras/importadoras de agua virtual en el mundo y explican mejor que el texto la dimensión de la cuestión expuesta.

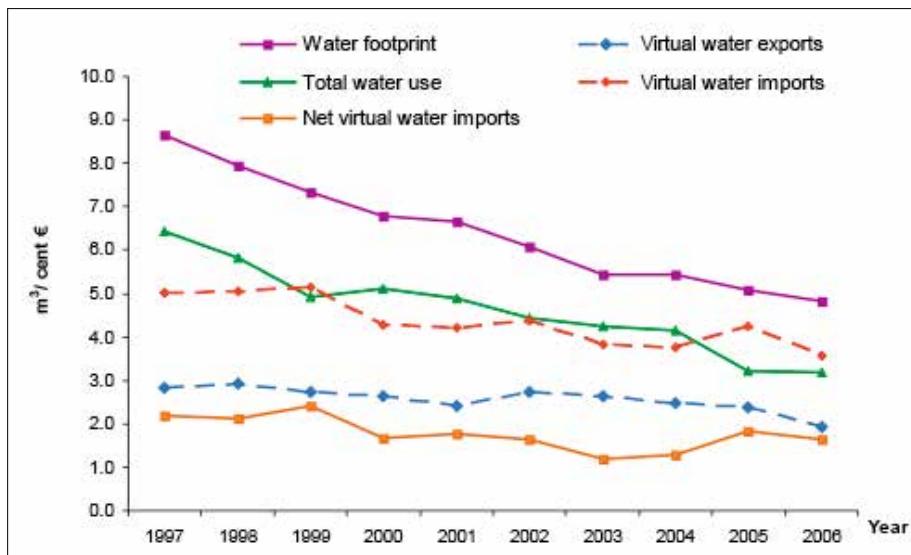
**Gráfico N° 7- Balance Mundial De Agua Virtual**



45. Urbano López de Meneses. “Consideraciones sobre el agua en España”. Seguridad Global. Primavera 2012. Choiseul. 2012. Pags. 17-33

Somos -según las investigaciones de los profesores Garrido, Llamas y Valera<sup>46</sup> - un importador neto de agua virtual a través de los 10 M tm de cereales, soja, etc. que suponen la importación de 14.000 millones de m<sup>3</sup>/año. Y eso nos ha permitido consolidarnos como potencia ganadera exportadora. A España le conviene vender sus tomates -200 l/kg- e importar el cereal -600 l/kg- a países menos áridos y con más recursos hídricos que el nuestro. El Gráfico nº 8 así lo demuestra.

**Gráfico N° 8. Condicionamiento del crecimiento económico de España por la política del agua**



**Fuente:** Garrido et al.

Este tipo de razonamiento es el que debemos comenzar a plantearnos para resolver qué producir aquí o allí; dónde es más útil la producción; en definitiva estamos aplicando el principio de las *ventajas comparativas* que ya formulara

46. Garrido, Alberto; Llamas, Ramón; Ortega, Consuelo. Water Footprint and Virtual Water in Spain. Fundación Marcelino Botín. Springer. 2012

**David Ricardo** en el XIX. Pero este es otro mundo y –como he dicho antes- otra economía. Las escaseces relativas y el coste de tales recursos definirán nuevos modelos productivos agroalimentarios , básicamente, pero no solo. Ahora se nos plantea dónde se encuentra la mayor eficiencia comparativa nuevamente, pero en el uso eficiente el agua. Y tal vez nos llevará a romper esquemas tradicionalmente aceptados. Pero seamos conscientes de que “el comercio del agua virtual es ya una opción política más implícita que explícita”<sup>47</sup>

*d) El precio del agua.*

Si el agua, en España, es un bien de dominio público aunque de uso privado, sus precios, los precios que pagan los usuarios por el recurso no es tema menor. Si se examinan los precios del agua en España, tanto para usos urbanos como para regadío, observamos que son muy reducidos respecto a los de otros países del mundo semejantes al nuestro. Y es que tales precios vienen derivados del “modelo de oferta” surgido de la política de obras de infraestructuras hidráulicas, nacido en el siglo XIX, ya comentado, pero cuya inercia llega a nuestros días. Y gozan de subvenciones implícitas.

En agricultura además, la Política Agrícola Común (PAC) con altas ayudas en los cereales y herbáceos, ha llevado a muchas tierras regables hace tiempo hacia estos cultivos en detrimento de los hortofrutícolas y otros (olivar o viñedo) donde la productividad es más elevada. Es el caso, en buena parte, de lo ocurrido en el Valle del Ebro<sup>48</sup>. Además, los riegos con aguas superficiales son riegos altamente subvencionados pues el coste cubierto por los regantes es una proporción muy baja respecto a su coste real. Caso contrario de los riegos con aguas subterráneas donde el particular corre con la totalidad de los costes.

Hay que proclamar que en materia de riegos hoy es más importante la modernización de los sistemas en busca de una mayor eficiencia en el uso del agua que la extensión indiscriminada del área regada, sobre todo si no es en cultivos de alta productividad. Y no olvidemos que la Directiva Marco del Agua recomienda que el usuario o beneficiario final pague íntegramente su coste, incluidas las

---

47. Llamas Madurga, MR. ‘Los colores del agua, el agua virtual y los conflictos hídricos’. Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales. Madrid. 2005.

48. Arrojo, Pedro. La política de precios en el agua de riego. Univ. de Zaragoza.

externalidades. Casi ningún país lo hace pero es una advertencia de hacia dónde camina la UE.

Todo ello nos lleva a la necesidad de plantear una nueva política de precios del agua más racional y eficiente que la presente. Política de precios que debe partir de que si esas tarifas, esos precios, son casi nulos la demanda será infinita y su gestión nada tendrá que ver con una distribución racional de los recursos. Una política de tarifas de agua más realista se impone. Pero en su implantación habrá que llegar a soluciones “win-win” para los agricultores y consumidores urbanos.

Como paradoja final: ¿tiene sentido que 1l de agua envasada cueste más que 1l de gasolina?

*e) Gestión Integrada de Recursos Hídricos.*

“El agua es poliédrica” nos recuerda Ramón Llamas a veces. Y ello porque presenta múltiples facetas: geológicas, biológicas, económicas, ambientales, sociales, éticas, religiosas, y otras. De ahí la necesidad de la Gestión Integrada del Agua.

Ya hemos visto los cambios de los últimos dos siglos con el paso de las infraestructuras hidráulicas de transporte de mercancías a las de transporte de agua en grandes volúmenes, preferentemente para riego, más tarde reforzadas para usos urbanos en áreas fuertemente deficitarias (costa mediterránea sur) y finalmente el empleo de desaladoras para casos puntuales, tras el fracaso de su uso como instrumento de riego, nos han ido llevando a diferentes modos de concebir esa política hidráulica. Y desde hace unas décadas los nuevos conceptos de “agua virtual” y “huella hídrica” están haciendo cambiar los modos de pensar en términos de comercio hídrico. Pero no es eso sólo, los conflictos mundiales, la escasez regional, la geoestrategia y las nuevas políticas de precios del agua comienzan a marcar nuevas sendas. Y todo ello lleva a una nueva manera de contemplar la “gobernanza del agua” o, de modo más preciso, la Gestión Integral de los Recursos Hídricos (GIRH).

Se trata, aquí, de llevar adelante un enfoque multidisciplinar, integrado, coordinado, ético, capaz de ver a un tiempo las necesidades sociales, geo- estratégicas, políticas y económicas en un todo.

#### *f). Invirtiendo en agua*

Uno de los datos más significativos de la importancia del “agua” como bien económico, lo encontramos de modo indirecto, pero muy real, en las inversiones que el ya famoso Michael Burry viene realizando en el sector. En la ya muy afamada película “The Big Short” o “La gran apuesta”, Michael Burry (Christian Bale en la película), singular gestor de un “Hedge fund” descubre en 2005 que el mercado hipotecario norteamericano es un castillo de naipes al borde del derrumamiento, debido a los ya muy notorios bonos basura. Según la realidad, reflejada en la película, Burry lleva a cabo una serie de actuaciones financieras, apostando a la baja y obteniendo así unos resultados económicos excepcionales. Al final de la película se detalla a que se dedican hoy, tras su éxito financiero aprovechando la crisis, sus protagonistas y éste, Michael Burry, lo concreta bajo la expresión “agua”. En una reciente entrevista de diciembre de 2015, Burry profundiza más en ello y afirma *“fundamentalmente, me puse a buscar cómo invertir en agua hace unos 15 años. Lo que tengo claro es que, para mí, la comida es la manera de invertir en agua. Es decir, el cultivo de alimento en las zonas ricas en agua y su transporte para la venta en las zonas pobres en agua. Este es el método de redistribución de agua menos polémico y que, en última instancia, puede ser rentable, además de asegurar que esta redistribución sea sostenible”*<sup>49</sup>.

Como se ve la inversión en alimento/agricultura es para este gran especulador financiero la manera indirecta de invertir en recurso tan escaso como es el agua. Y como se ve, en su razonamiento encontramos todos los nuevos paradigmas del comercio mundial del agua virtual y la huella hídrica

---

49. <http://www.pandaagriculturefund.com/>

#### **IV.- Reflexiones finales.**

El agua y la tierra son dos recursos escasos hoy en el planeta, aunque el primero es renovable. Ambos son necesarios para la vida. Y la agricultura usa de los dos en proporciones mayores que cualquier otro sector económico o social y ambos son necesarios para producir alimentos. Y hoy faltan alimentos en el mundo.

Si como afirma **Stiglitz**: “La desigualdad destruye el crecimiento económico”<sup>50</sup>, hay que lograr un reparto del recurso más igualitario y justo a nivel mundial si queremos eliminar el hambre y el subdesarrollo. Y ello, cuando la población mundial crece y podría llegar -no es seguro- a los 9.000 millones de habitantes en 2050.

La escasez de tierras susceptibles de cultivo no puede corregirse, salvo que se recurra a la desforestación, lo que, ecológicamente, sería otro suicidio planetario. Un uso más intensivo de fertilizantes tiene límites medioambientales que hay que respetar. Otras tecnologías agrarias, incluidas algunas biotecnologías, también. Una de las principales variables de ajuste es el regadío. Naturalmente con todas las cautelas y limitaciones medioambientales precisas. Y sólo regadíos altamente eficientes en el uso del agua y con un uso compatible con el cambio climático. No tenemos alternativa. Sólo cabe esa solución.

Y respecto al agua habrá que hacer una profunda reflexión sobre las enormes demandas de agua adicional que el planeta precisa para producir el plus de alimentos necesarios para que la humanidad abandone de una vez sus problemas de desnutrición.

Hace años dije “*La agricultura española será de riego o no será*”. Y poco a poco el vaticinio va avanzando, viendo el porcentaje que representa la producción obtenida en riego sobre la total y el porcentaje de su aportación a la balanza comercial agraria española. No obstante es preciso añadir que, algo debe hacerse, para que el efecto conjunto de las ayudas de la PAC unido a los bajos precios/tarifas de agua en las aguas superficiales no siga llevando las tierras regadas hacia cultivos de baja productividad y alta ineficiencia en el riego.

---

50. Stiglitz, Joseph. El Precio de la Desigualdad. Real Academia de Ciencias Económicas y Financieras. Discurso de Ingreso como Académico Correspondiente para EEUU. Discurso de contestación del Excmo. Sr. Dr. Jaime Gil Aluja. Presidente de la RACEF. Barcelona. 2012.

Y respecto al problema visto en una perspectiva mundial y española pienso que una adecuada gobernanza del agua requiere los siguientes principios:

- 1º Hoy el agua es un bien económico, frágil, vital, renovable, de dominio público y de carácter global. Pero el consumo de agua ha crecido geométricamente con el cambio en la dieta alimentaria de los grandes países emergentes, ya comentados. Y esa dieta creciente exige más riegos que son los principales consumidores de agua del mundo.
- 2º Los Estados, en tanto que gestores del agua, bien común, deben garantizar a sus ciudadanos, el agua en cantidad y calidad que precisa. Y ambos principios, de ser aceptados, “el derecho al agua”, serían un nuevo paradigma para definir una nueva política del agua.
- 3º El regadío seguirá siendo una necesidad, no solo española sino, global y será el primer consumidor de agua en el mundo. Si no se resuelve el problema de las pérdidas de alimentos a lo largo de la cadena de valor, no habrá alimentos para la población mundial futura y, entonces, será necesario aumentar los rendimientos con menor superficie cultivada que hoy. Eso solo lo permite el regadío y las nuevas biotecnologías que, a su vez, debe ser cada vez más y más eficiente. Su modernización en términos de menor uso del recurso y de máxima eficiencia energética debe ser una prioridad.
- 4º La cuestión de qué productos deben ser cultivados en cada país para su exportación o por su necesidad de ser importados, debe ser examinada desde la perspectiva del “agua virtual” y la “huella hídrica”. Estos nuevos conceptos suponen una “revolución intelectual”. Eso significa la búsqueda de aquellas producciones interiores que tengan la menor “agua virtual” posible, tanto en vegetales como en ganaderos, y variaciones en la dieta hacia los de menor consumo. Y la agricultura, complementariamente, debe caminar hacia una “*agricultura climáticamente inteligente*”, esto es, adaptada en todo a las necesidades impuestas por el cambio climático.
- 5º Las sequías -muchas veces olvidadas- han vuelto a reaparecer, como re-aparece siempre la Dama del Alba -la muerte- de Alejandro Casona, en estos años a nivel global y español, dado el cambio climático. Y esas

oscilaciones pluviométricas pueden acentuarse en el futuro. El año 2015 ha sido en España el más seco en décadas y todas las cosechas de 2016 se están ya resintiendo, pero esa sequía no es la causa del problema. La causa es -o será- no haber abordado las soluciones previamente a que ésta llegue. Y esa es otra realidad que los políticos deben comprender.

- 6º) España -ya lo hemos afirmado antes- es un país árido pero no es un país seco en cuanto a la abundancia de lluvia, sino que lo es en cuanto a su distribución. El problema podría ser si no dispusiéramos de agua, pero no es el caso. Hay “agua azul” suficiente. Tal vez no hayamos sabido distribuirla. Debemos hacerlo.
- 7º) Aceptado lo anterior hay que pensar en la forma de ordenar el aprovechamiento de tal recurso -superficial y subterráneo, ambos, integradamente- sobre el que pesa cada vez más una demanda quasi ilimitada. Resulta absurdo y poco racional que mientras el mundo está en la globalización, nosotros, para la gestión de un bien escaso y global, hayamos caminando hacia la centrifugación de competencias. Habría que reflexionar sobre ello desde la concepción del principio de unidad de cuenca.
- 8º) ¿Es posible y conveniente imaginar un sistema por el que se conecten las cuencas con excedentes -Norte, Duero, Tajo y Ebro- con las sedientas -Pirineo oriental, Júcar, Segura, Guadalquivir y Sur-, y la conexión entre Duero y Tajo y entre Tajo y Guadiana? ¿Es esto hoy un “imposible autonómico”? Merece una seria reflexión. Reflexión que debe ir unida al papel del comercio mundial de “agua virtual”.
- 9º) A los efectos anteriores, debería lograrse un Pacto de Estado del Agua que deje al margen cuestiones políticas o territoriales para ser enfocada sobre las necesidades de todos los ciudadanos.
- 10º) La comunidad científica debe aportar su inteligencia y saber para proporcionar las bases indubitables sobre las que construir tal consenso...si ello es posible, mejorando entre otras cosas, su sistema de comunicación y divulgación de ideas, avances y proyectos.

Los razonamientos anteriores nos llevan a pensar que un nuevo modo de analizar las potencialidades productivas y nuestro comercio exterior está naciendo. Y en este proceso habrá que defender un consumo y una producción sostenible. Que tal vez no sean las presentes. Y en el cual el agua será , por vez primera, el clavillo que sujeté las diversas varillas del abanico, sin el cual no tenemos abanico.

Pero estoy seguro que afrontaremos con éxito este reto conjunto y global del hambre, el agua y la sostenibilidad. Porque como decía Hegel: “*Cuando el hombre convoca a la técnica, la técnica siempre comparece*”. Son estas nuevas tecnologías del agua, su uso eficiente y las producciones menos consumidoras del recurso las llamadas ahora a comparecer.

## Bibliografia

- AT Kearney. Contribución de las infraestructuras al desarrollo económico y social de España. Septiembre 2015.
- AT Kearney. Áreas prioritarias para una inversión sostenida en infraestructuras en España. Septiembre 2015.
- Allan, A. "Virtual Water - the Water, Food, and Trade Nexus Useful Concept or Misleading Metaphor?". Water Interactive. Vol. 28. Nº 1, pp. 4-11.
- AQUASTAT. FAO. 2015.
- Benet Goitia, Juan. Si yo fuera Presidente. Ed. Col. Ingenieros de Caminos. 2009.
- Borlaug, Borlaug E. y Christopher Dowswell. El agua y la agricultura: una visión sobre la investigación y el desarrollo en el siglo XXI". Madrid.1999.
- Brown, L; Mcgrath, B: Stokes, B. 22 dimensiones de los problemas de población. Worldwatch Paper 5. Washington DC. Worldwatch Institute. 1976.
- Brown, Lester. (<http://blogs.periodistadigital.com/dinero.php?cat=6044>)
- CEDEX. Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente. Estudio de los impactos del cambio climático en los recursos hídricos y las masas de agua. Informe Final. CEDEX. 40-407-1-001. Madrid, diciembre 2012.
- De Castro. Paolo. Comida: el desafío global. Eumedia. 2015.
- Escartín, Carlos. Confederaciones Hidrográficas: ¿un modelo para el mundo discutido en España?. Conferencia Curso sobre Política Hidráulica y Política Agraria. La Granda. 2012.
- Fernández-Jaúregui, Carlos A. El agua como Fuente de conflictos: repaso de los focos de conflicto del mundo". Fundación CIBOV. Afers Internacionales. Nº 45-46. Pags. 179-194.
- Francisco I, SS el Papa. Laudato Sí. Encíclica. Vaticano. Mayo 2015
- Garrido, Alberto; Llamas, M. Ramón. Water Policy in Spain.CRC Press. Balkema Books. 2010.

- Garrido, Alberto y Custodio, Emilio. La gestión estratégica del agua. Seguridad Global. Nº 03. Choisel. Primavera 2012. Madrid.
- Garrido, Alberto y Llamas, M. Ramón. Water policy in Spain. CRC Press. 2009;
- González Reglero, Juan José; Espinosa Romero, Jesús. “La creación del Canal de Isabel II. Revista de Obras Públicas. 2001. 148. Pags. 59-62
- Hoekstra, A. Y ; Hung, P.Q. (2002). “Virtual Water Trade: A quantification of virtual Water Flows between nations in relation to international crop trade”. Value of Water Research Report Series. Nº 11. UNESCO-IHE Delft. Netherlands.
- Jovellanos, Melchor Gaspar. Informe sobre la ley agraria. Civitas. Instituto de Estudios Políticos. Madrid. 1955.
- Lamo de Espinosa, Jaime. Joaquín Costa. Agricultura, agronomía y política hidráulica. Eumedia. 2012.
- Lamo de Espinosa, Jaime. “El regadío español en un mundo globalizado”. II Symposium Nacional sobre los Regadíos Españoles. Editorial Agrícola Española. Madrid. 2001. Pags. 23 a 38.
- Lamo de Espinosa, Jaime. Conferencia “Unas leves reflexiones sobre el agua”. AFRE. Hotel Wellington-5/03/2009.
- Lamo de Espinosa, Jaime. Conferencia “El regadío en el mundo”. AFRE. Zaragoza. 18.6.2008.
- Lamo de Espinosa, Jaime.- “El regadío español en un mundo globalizado”. II Symposium Nacional sobre los regadíos españoles. CEDEX. Madrid. 2000. Conferencia inaugural. pags. 23/38. Ed.2001.
- Lamo de Espinosa, Jaime. Conferencia “El gran debate del agua”. Fund. Canal de Isabel II. 27.10.2009.
- López Bellido, Luis. Agricultura, cambio climático y secuestro de carbono. Ed. Luis López Bellido. 2015.

- Llamas Madurga, MR. “Los cambios del agua, el agua virtual y los conflictos hídricos”. Real Academia de Ciencias Exactas Físicas y Neutrales. Madrid. 2005
- Llamas Madurga, MR. La DMA y la planificación hidrológica. CICCyp.
- Ministerio Medio Ambiente. Precios y costes de los servicios de agua en España. Madrid. 2007.
- Rivero Corredera, Juan. Los cambios técnicos del cultivo del cereal en España (1800-1930). MAGRAMA. Madrid. 2013.
- Steve Lonergan. Watershed: The Rule of Freshwater in the Israeli-Palestinian Conflict. IDRC Books. 1994.





WATER IN THE WORLD-  
THE WORLD OF WATER  
(Water in a global world and  
under climate change)



At the beginning of Felix Mendelssohn's *Elijah*, premièred in 1846, there is a famine caused by lack of rain:

*"Elijah: As God the Lord of Israel liveth, before whom I stand; There shall not be dew nor rain these years, but according to my word.*

...

*Recitative: The deep affords no water, and the rivers are exhausted.  
The suckling's tongue now cleaveth for thirst to his mouth,  
the infant children ask for bread, and there is no one  
breaketh it to feed them."*

**KEYWORDS:** Water, virtual water, food, aridity, economic asset, climate change, watersheds, crops, water stress, greenhouse gases (GHG), hunger, water footprint, water management plans, population, water policy, drought, technology, land.



## **WATER IN THE WORLD-THE WORLD OF WATER**

### **PREFACE**

It is my inescapable duty to begin this foreword by thanking the Societat General d'Aigües de Barcelona for its inestimable help with the publication and dissemination of this book. With it, we begin a period of fruitful cooperation, which has already begun to produce results, as you can see.

No less valuable is the enthusiasm with which the first edition of this book was received by critics in the most prestigious forums of our written opinion.

Among the numerous publications which have highlighted the work of Professor Jaime Lamo de Espinosa, special mention should be given to the contribution of the president of the Real Academia de Ciencias Morales y Políticas, Juan Velarde, a prestigious economist with a long career, who, in "El Economista" of Saturday 23 July 2016, said that this study - the second edition of which we are presenting now - was "Fundamental, because it clarifies the reality of this question in Spain very well."

Awed by the scale of one of the most urgent and important challenges faced by mankind and one which caused him constant geopolitical headaches throughout his presidency, John Fitzgerald Kennedy said, "*Anyone who can solve the problems of water will be worthy of two Nobel prizes—one for peace and one for science.*"

Now, after reading and learning with pleasure from the entertaining pages which follow, let us humbly add that, if there were a Nobel Prize for Water, one of those most worthy of it would be their author, Jaime Lamo de Espinosa, Academician of Spain's Royal Academy of Economic and Financial Sciences, Professor Emeritus of Economics and Agricultural Policy of the Polytechnic University of Madrid (UPM), Jean Monnet Chair of the European Commission, member of the French Academy of Agriculture and ex-Minister of Agriculture in the governments of Adolfo Suárez and Leopoldo Calvo-Sotelo, i.e., in Spain's transition to democracy.

Here in "Water in the World-The World of Water," the expert will find not only a matchless compendium of all we know about the challenges posed by the planet's most important resource, but also an exceptional vantage point from

which to look out over what the future holds in terms of management, research, conservation and consumption of the liquid that makes our existence possible.

It is a solid scientific incursion to which only an author like Jaime Lamó de Espinosa could add demonstrable experience and technical rigour, both of which are amply accredited by his having been an able administrator in this field as Minister of Agriculture in the early days of our democracy.

Under this great responsibility, Lamó de Espinosa was able to obtain for Spain the advantages recognised today by the most demanding historical critics in the negotiation (between 1978 and 1982) of Spain's Treaty of Adhesion to the European Economic Community,

If that were not enough, he did not hesitate to place his technical expertise, knowledge of the subject and proven management capability at the service of the international community, acting as president of the OECD Meeting of Agriculture Ministers. And being named chairman of the 20th World Conference of the FAO.

Because of his achievements and thinking, the reader will find this an exceptional scientific and technical work.

Indeed, the book you are holding reviews with a critical eye everything related with humanity and water, considering in depth and expanding on as much as is necessary in time and space, from the Enlightened dawn of our hydraulic policy and management of our river basins to the most precise, blistering observations on planetary climate change.

There is no doubt at all that the quality and depth of the different views explained runs, to mention two recent examples, from the observations of Jaime Lamó de Espinosa on the work of his fellow member of the RACEF and winner of the Nobel Prize in Economics, Joseph Stiglitz, to those he makes on the research of Elinor Ostrom, also a Nobel Prize winner.

Because, with historical perspective and a universal vision, not only does Professor Jaime Lamó de Espinosa's work meet the goal this royal academy wished to reach, but he has managed to take it beyond the limits of academic debate and make it deserving of an audience as broad as its interests and aims.

We propose to reach them with the publication of this edition, and we are sure that public will respond to the important challenge the contents of this work represent.

“Water in the World-The World of Water” is destined to occupy a privileged position as a reference work for experts in hydrological policy, water management, irrigation and agricultural policies, as well as environmentalists and engineers interested in joining the global debate on the subject, in depth and with the utmost rigour.

But its interest is not limited to those important circles, and it should also reach a public wishing to learn while being pleased. There is no doubt that Professor Lamo de Espinosa’s pages were also written with the gift for order and entertainment which add explanatory performance to the strictest scientific proceedings.

In this work, we find everything related with “the resource” par excellence, which the author approaches from the most varied points of view, from the most complete global historical perspective to the latest ideas about “water footprint”, “virtual water,” “integral water resource management,” or a term now familiar to global managers, “water governance.”

Our illustrious fellow academician leaves no important intellectual aspect uncovered. So as well as dealing with the most up to date concepts of environmental ecologist campaigning, he also explains in depth the important contribution to the environmental debate of Pope Francis in his encyclical Laudato Si (24th of May 2015), enriching with his spiritual vision the observations science had already made, that in this terrain the survival of our species is at stake.

In general terms, it can be said that the author’s intention is to cover three important areas of hydrological knowledge: I) Water in the world; II) Water in Spain and III) The new water paradigms. And, as we said, we have no hesitation in saying that he easily reaches his proposed targets. Not only in terms of the overall scale of the enterprise, but also its historical ambition.

While, as Lamo de Espinosa says, water is: *“A limited, scarce, vital, renewable, fragile, geographically irregularly distributed asset,”* this study is also vital and renewable, but not at all limited, scarce or fragile and, what is more, is harmonically and admirably managed with regard to geography.

His wisely dispensed use of maps, graphs and illustrations effectively complements the meaning of the text. And we find it especially instructive in its explanations of the serious geostrategic conflicts that unequal distribution of water brings.

In this regard, allow us to express our opinion that it is in his approach to water resource management that the author's analysis achieves excellence, especially when examining the advances (and backward movements) of the green revolution from a historical perspective.

In this book, we are convinced that many readers will, like us, discover unsuspected aspects of global water management that will open up new perspectives for them about the progress of our species. For many of us, this study obliges us to revise our preconceptions about the evolution of Man on earth.

Jaime Lamo de Espinosa goes beyond the details (of which he has command) to propose challenges such as the anthropogenic view of climate change and its profound effect on social justice and inequalities in the development of the planet.

On this point, we, as members of the scientific community and as human beings, must salute the considered conclusion the author makes about the recent Paris Climate Change Conference: "*The Agreement*, maintains our fellow academy member, *is historic, legally binding, ambitious, balanced for all parties and an achievement of the international community. It is not perfect for anyone, but a success for all humanity. And it is not static, because it is going to be revised every five years, when stock will be taken of where we are and consideration given to the next round of commitments, which will always have to be more ambitious than the present ones.*" That is as considered as a conclusion could be, without also leaving hope for the future of our species.

But furthermore, Professor Lamo de Espinosa knows how to reach that hope, showing the reader that this is no chance achievement, but the result of a long journey of centuries in our relationship with water.

*Pleasing as well as instructing* was one of the favourite mottoes of the advanced thinkers of the Illustration, and still is for the members of our academy, as is shown by the fact that is a goal Jaime Lamo de Espinosa has achieved here.

And it is precisely the Enlightenment that the author takes as a starting point, quoting Gregorio Mayans and Gaspar de Jovellanos, favourite characters of this royal academy who had an influence, as the writer observes, on the precedents of our hydraulic policy, going on to cover the principles and works of the pioneer of agricultural regenerationism, Joaquin Costa.

The author is able to identify the factors which connected Spanish physiocracy with the prevalent economic and political thinking in Europe and the first initial precedence for water policy in the reign of Charles III because of the needs

arising from our demographic growth at the end of the 18th century. There were more mouths to feed and this could only be achieved by irrigation planning. In this context, throughout Europe, canal planning and building showed itself to be an effective means of communication, which would make industrial revolutions possible. Spain was not unaware of that progress.

Jaime Lamo de Espinosa's skill includes finding (from the enormous, rigorous bibliography that he uses) the following lovely, precise quote from Joaquin Costa (who, at the end of the last century, accurately anticipated the reality of the Catalan and Aragonese agricultural industry): "*Our main export articles should be and are beginning to be fruits.*" And in other places he advocates expansion of vineyards or olives.

Equally correct seems the author's accurate assessment of the influence David Ricardo and his Theory of Comparative Costs on the intelligent advocacy of Joaquin Costa of abandoning our historic obsession with grain crops, with which Spain competes at a disadvantage compared with the large European plains, and to take advantage of the peerless conditions that fruit, vegetables, vines and olive trees have for growing in our peninsula.

In the same context, the author can accurately identify over the following three centuries and up to today, the most important lines of influence that have prevailed with regard to agricultural and hydraulic policy, first, among our neighbours and, increasingly, the whole planet, because water is also a resource now conceived as planet-wide.

Allow us to pay special attention to his authorised comments on European directives on the subject. The author knows them down to the last detail, and how they subsequently condition our water policy.

We in this Royal Academy also give our full support to Jaime Lamo de Espinosa when he proposes a "national water agreement", which would avoid the recurrent afflictions and conflicts between regions to conciliate our hydraulic and agricultural policies as efficiently as possible.

Furthermore, we consider that his comments on the new desalination plants should be taken very much into account by legislators and builders and managers of these plants which are revolutionising our water map. We encourage the academic world in general and everyone who has the privilege of reading this text to use the valuable material it contains in public discussion. That is what we at this Royal Academy will put on record.

We believe ourselves honour bound to confess to the reader here that both “virtual water” and “water footprint” are new concepts to us, but also that this discovery has improved and brought up to date our understanding of the environment in accordance with the latest trends in environmental research, in which Allen and Hoekstra are pioneers.

So we invite you to share with us, led by the hand of Lamo de Espinosa, this revision of our scientific heritage which is today the centre of the environmental debate all over the world.

Years ago, Jaime Lamo de Espinosa correctly forecast: “*Spanish agriculture will be irrigation agriculture or will not be.*”

And the forecast is coming true, among other reasons, because of the influence this member of our academy has exerted on water policy thinkers here and all over the world.

Allow me to finish now by stating this royal academy’s adhesion to the ten principles Professor Lamo de Espinosa proposes to respond to the greatest environmental challenge humanity faces in this beginning millennium.

Progress requires increasing irrigation, which is the main water consumer in the world, and states must guarantee citizens the water they need. So we need a climatically intelligent agriculture, able to adapt to changes, droughts and which is potentiated by efficient management, which assumes the principle of river basin unity and, in Spain, a great state water agreement.

Finally, also allow me, humbly and with conviction, to dedicate our support, together with everyone in the Societat General d’Aigües de Barcelona, for the publication of the second edition of the book you have in your hands, to make Professor Jaime Lamo de Espinosa’s Water Decalogue into concrete policies and facts which ensure the best management of “the resource” which makes life possible.

Jaime Gil Aluja  
President of the Royal Academy of Economic and  
Financial Sciences of Spain

# Table of Contents

## **Introduction**

### **I.- Water on the Planet Earth.**

- I.1.- Water in a global world.*
- I.2.- Water conflicts: the “blue gold.”*
- I.3.- Water vs. Food Security: land -> hunger.*
- I.4.- Solutions for water and land scarcity.*
- I.5.- Water and climate change: an anthropogenic view.*
  - a) Water in the Laudato Si.*
  - b) The Paris Climate Change Conference (COP21).*
  - c) Climate change, water and agriculture.*
  - d) Climate change, water and livestock raising..*

### **II.- Water in Spain.**

- II.1.- From the Enlightenment to the second half of the 19th century.*
- II.2.- From Jovellanos to Joaquin Costa: the beginnings of hydraulic policy.*
- II.3.- Hydraulic policy in the 20th and 21st centuries in Spain and Europe.*
  - a) From the beginning of the 20<sup>th</sup> to the 21<sup>st</sup> century.*
  - b) The hydrographic basins.*
  - c) The European Union Water Framework Directive and Hydrological Basin Plans.*
  - d) The European Union Water Framework Directive and urban supply*
  - e) Groundwater and desalination plants.*
  - f) Water, irrigation and climate change.*

### **III.- New paradigms.**

- a) Water as a scarce, global, economic good.*
- b) “Virtual water” and the “water footprint”.*
- c) World “water trade.”*
- d) The price of water.*
- e) Integrated Water Resource Management*
- f). Investing in “water”*

### **IV.- Final Thoughts.**

### **Bibliography.**



## **Introduction**

The book you have in your hands, dear reader, was published in 2016 by the Spanish Royal Academy of Economic and Financial Sciences. It was “The Year of Water” and the academy did want to let it go unrecognised. It is now being republished, reviewed and increased, for no less an occasion than the 150<sup>th</sup> anniversary of Aigües de Barcelona.

Water is a limited resource, scarce, vital, renewable, fragile and geographically irregularly distributed. And is a singularly transcendent resource to ensure that the world population is well fed and adequately healthy.

According to the UN, in 2050, the world will have 9-10,000 million inhabitants. This population should be well fed, without problems of malnourishment. And, at the same time, over 60% of the world population will probably live in urban centres, needing to be properly supplied. At present, water requirements for irrigation for agriculture absorb 70% of the resource in the world and practically all the rest is consumed by water needs for urban uses. Today, the geographical distribution of water in the world reveals numerous zones with permanent occasional water stress. This trend requires that the resource be considered globally and new principles be established for its governance.

There are and have always been conflicts over water between territories adjacent to great rivers and water courses. They will continue to exist. President Kennedy once said that “Anyone who can solve the problems of water will be worthy of two Nobel prizes—one for peace and one for science.”

With regard to agriculture, the FAO says that in 2050 it will be necessary to have 60% more food. Given that the resource “land,” measured in hectares of

crops, both in absolute terms and in relative terms per capita, is shrinking without stop and that the resource “water” is also doing so in per capita terms, it will be necessary to change those hectares into more efficient, productive agricultural areas with higher yields. The only adjustment variable, apart from genetics, which allows that change is irrigation, because the obligations imposed by climate change will make it difficult to increase the amounts of fertilisers or phytosanitary products used. And this requires, in addition and to complement it, increasing modernisation of irrigation systems.

The appetite for irrigated land is such that both private investment funds and sovereign wealth funds have been investing in irrigable land in the world for a decade. The former, private funds, trying to obtain maximum profitability. The latter, the sovereign wealth funds, trying to establish a food base with which to be able to supply their countries’ own populations at times of crisis. But both exert an investment pressure of great importance on irrigable land.

With regard to water for urban purposes, it must be pointed out that the growing process of world urbanisation will cause this type of consumption to grow non-stop in coming decades. And that requires greater rationality in its use, preventing all types of losses in urban distribution networks (estimated as 30% today) and maximum recycling of all wastewater. And the same principles should be applied to water use in industry.

That is why our view of water, as a scarce resource, is changing in the world as demographic pressure rises. New paradigms inspire – or should inspire – new policies. The concepts of “virtual water” (A. Allan, 1993) and “water footprint” (A. Hoekstra-2002) tell us much about day-to-day water use and the origin of the water consumed by each nation. So we see that, in terms of trade balance, some are net water importers or exporters. A country with permanent water stress should organise its production model to make it a net importer, rather than the opposite. In a few decades, these ideas may bring significant changes in global and national water policies.

As can be seen, a new way of looking at and analysing water in the world and the world of water is prevailing, and this should lead to new principles for universal and national water governance.

*Jaime Lamo de Espinosa*

## I.- Water on Planet Earth.

### I.1.- *Water in a global world.*

So let's talk about water on the planet. Water today is a limited, scarce, vital, renewable, fragile resource, irregularly distributed geographically. A resource which is still in this century fought over and the cause of conflicts.

Furthermore, the volume of water in the world is a constant value. There are the same amounts of this resource now, as there were millions of years ago, no more. Plant, animal and human life all depend on water in a world that is becoming increasingly densely populated all the time. However, the fresh water in the Arctic and Antarctic ice is melting, as a result of climate change, at hitherto unknown rate and flowing into the salt waters of the sea.

Only 2.5/3% of the world's water resources are of fresh or "blue" water, meaning river and lake water as well as groundwater. And of that 35 million km<sup>3</sup> of fresh or blue water, 69/70% is ice. So available water is only 0.77% of total water resources<sup>1</sup>. And most of that is groundwater. Of the 119,000 km<sup>3</sup> of annual precipitation water, about 45,000 km<sup>3</sup> is "blue water." The other 62% is "green water," water in the soil which goes through evapotranspiration. (We call the volume of fresh water, i.e., surface and groundwater, "blue water," the evaporated water of the planet's water resources "green water," and use "grey water" -Hoekstra, 2013- for the amount of polluted water associated with production of goods and services). And the renewable water resources per capita are very varied according to country and region. Spain is among those which suffer "occasional or localised water stress," according to AQUASTAT, which only takes "blue water" into account.

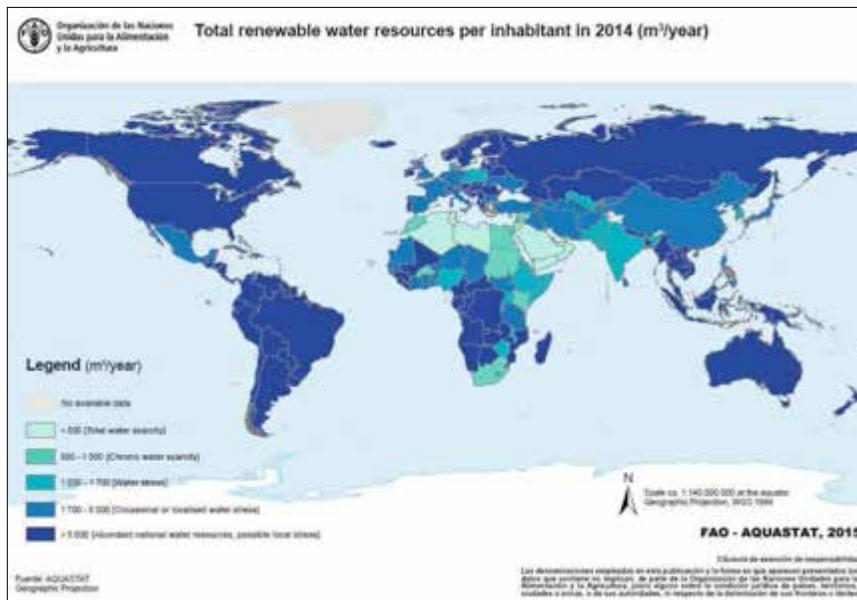
With regard to the resource or "blue water," we should be aware of a) its irregular geographical distribution, b) its different uses and c) the enormous proportion of the resource used in agriculture to produce fibres and food to combat hunger. Let's look at these subjects:

---

1. FAO. AQUASTAT.2015

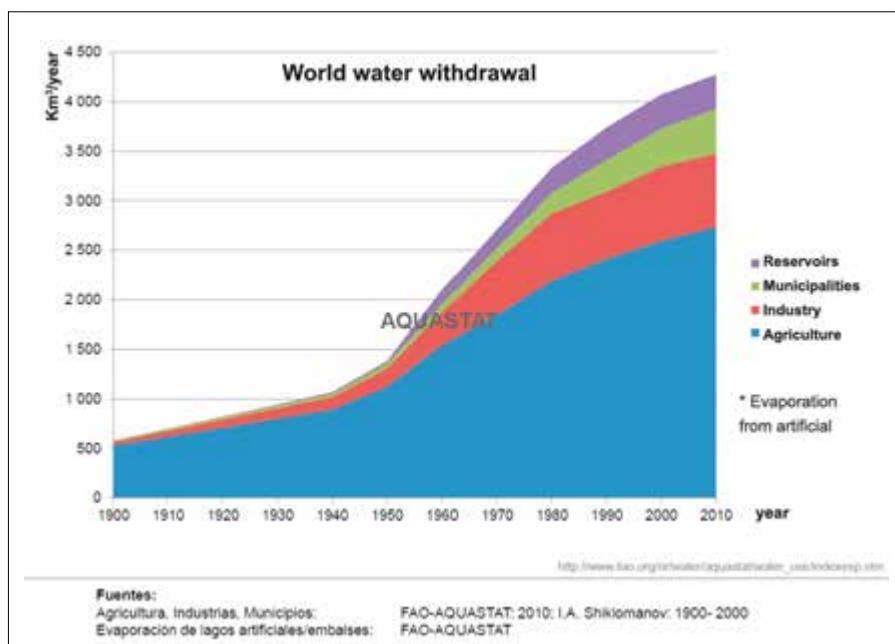
- a) Geographically, that 45,000 km<sup>3</sup> a year of “blue water” is very variably distributed by region: nearly 6,000 m<sup>3</sup>/inhabitant/year in the world as a whole, but only 2,345 in Africa and 2,756 in Asia, compared with 8,846 in Europe and 20,259 in North and South America. In our Mediterranean Europe, only 3,096 m<sup>3</sup>/inhabitant per year. And with regard to the total volume of the resource, Graphic 1 is highly revealing of the world areas where, according to this index, a country or state is defined as having “total scarcity,” “chronic scarcity,” “water stress,” or “occasional water stress.” These are large areas of the world. Only Australia, most of North and South America, a large part of Russia and China, some countries in northern Europe and some others in Africa escape this label and fall under “areas of abundant water resources and occasional stress.” Spain is in an area of “occasional water stress.”

**Graphic 1**



- b) With regard to use or consumption of “blue water,” nearly 70% of this amount is dedicated to agriculture for food production. The rest is for urban (12%), or industrial (18%) use. In Mediterranean Europe, the agricultural part represents less, 52%, 91 km<sup>3</sup>/year of freshwater being extracted for all needs. So world water withdrawal shows that its great consumer, well above industrial or other venues, is agriculture (see Graphic 2).

**Graphic 2**



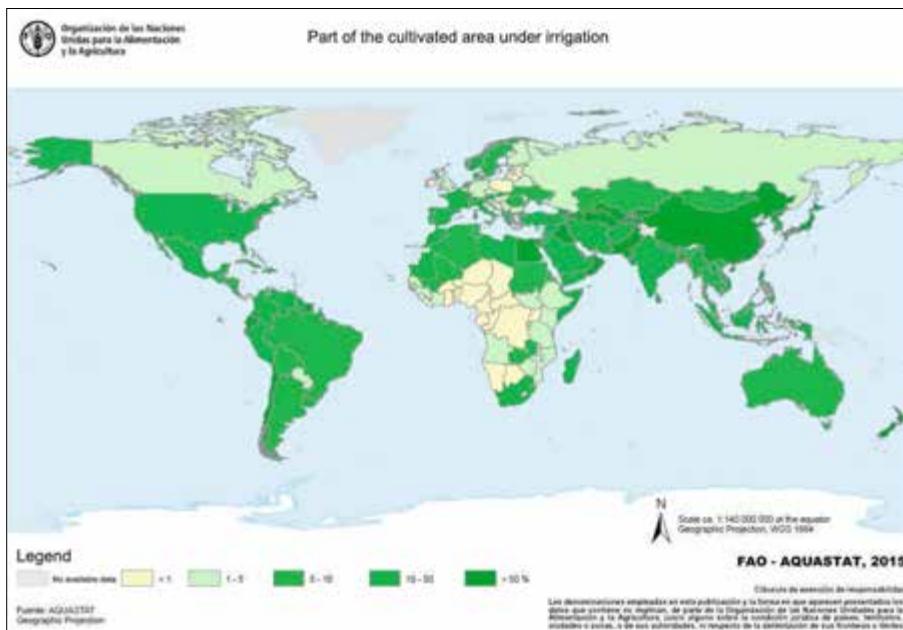
c) And with regard to agrarian distribution of irrigated areas, let's remember that at the end of the 90s, **Norman Borlaug**, Nobel Peace Prize winner for his work on plant genetics and for being the father of the Green Revolution, said: "*Irrigated agriculture - which accounts for 70 percent of global water withdrawals - covers some 17 percent of cultivated land (about 270 million ha) and contributes nearly 40 percent of world food production. The world's irrigated land area doubled between 1961 and 1996, from 139 to 268 million ha*"<sup>2</sup>. Since that date, 1996, this area has grown to 324 million ha of irrigated land in the world, 20.8% of the area under cultivation, these figures in Europe being 25.7 million ha (8.9%) and 10.4 million (some 31.1%) in Mediterranean Europe<sup>3</sup>. But that 20.8% of the area under cultivation in the world produces over 40% of agricultural production. Agriculture is, then, the sector which consumes most "blue water": 70% of world withdrawals and water is, consequently, the basic resource to guarantee world food supply.

2. Norman E. Borlaug and Christopher Dowswell. Water and agriculture: a view of research and development in the 21st century." Madrid 1999.

3. FAO.AQUASTAT.2014- Figures from 2012.

As can be seen in Graphic 3, these irrigated areas are very irregularly distributed in the world: 2/3 of the 324 M ha are concentrated in only five countries: China, India, Pakistan, Russia and the USA. In the first three of them, irrigated land provides over 50% of their food production. And 25% of these 324 M ha is in developed countries. But, in these countries, the expansion of irrigation is being slowed down by industrial use, urban growth and greater consumption demand in large cities for habitat and leisure. And let's not forget that the high level of urban concentration makes urban consumption by citizens, in the home, grow exponentially (today it is some 140 l/inhab/day in Spain). And the most generalised legislation considers that kind of demand to have priority over agricultural demand.

**Graphic 3**



#### Part of the cultivated area under irrigation

There is no doubt that irrigation is behind the success of food in the race against the demand of a growing population in the last quarter of a century. The agricultural exports of some countries are even entirely based on irrigation production. This is the case of Chile, where 36% of its area is irrigated and produces

all its agricultural exports. And in Europe, countries like Spain, Italy or Romania have some 2/3.5 million ha under irrigation, representing between 16 and 30% of their agricultural area. But most of their agricultural production comes from this irrigation.

### **I.2.- Water conflicts: “blue gold.”**

This sentence is attributed to **J. F. Kennedy**: “*Anyone who can solve the problems of water will be worthy of two Nobel prizes—one for peace and one for science.*” He was right. Because the world situation of the resource threatens to become highly complex and, perhaps, *in extremis*, even bellical. This cannot surprise us in Spain where water has been fought and killed for centuries and where, to prevent conflicts, the famous Water Tribunal was established to settle differences between the irrigation farmers of the *acequias* of the River Turia. The idea of “water wars” was originally coined by the Egyptian Boutros Ghali in relation with the problems the Upper Nile created in Egypt. At the end of the last century, it was especially extended by Ismail Serageldin, vice president of the World Bank and currently Director of the Library of Alexandria. But the idea has been losing force because of the writings of Aaron Wolf.

There are 257 hydrographic basins in the world shared by several countries and 40% of the world population lives around these international rivers. And numerous underground aquifers are in the same situation. In addition, many of these countries live in poverty, with serious food problems and water shortage which would be unbearable in the eyes of the inhabitants of developed countries. Millions of women in Africa walk several kilometres every day to bring a couple of water pitchers home every day, this being the household’s provision for the whole day. Furthermore, water quality runs inversely to its direction of flow. Water from agricultural land upstream sometimes pollutes that of users downstream with higher levels of fertiliser and unwanted and uncontrolled defecation. The consequences of these reach the rest of the world. A large proportion of today’s world migrations and, especially, part of those we are seeing every day in the small boats in the Mediterranean are “*environmental migrations*” (a term coined by **Lester Brown** in 1976<sup>4</sup>), partly caused by water shortage.

---

4. Brown, L; McGrath,B; Stokes,B. Twenty-two Dimensions of the Population Problem. Worldwatch Paper 5. Washington DC. Worldwatch Institute. 1976

Various examples highlight this serious problem<sup>5</sup>:

- the constant struggle between Israel and Palestine over the water resources of the West Bank and the Gaza Strip;
- the conflicts over the Tigris and Euphrates between Turkey, Syria and Iraq;
- problems between Mozambique and Zimbabwe over the River Zambezi;
- the various conflicts arising over the Nile, where Sudan and Egypt fight to prevent various dams which would affect their water supply being built;
- between Mali and Nigeria over the problem of the enormous Akosombo Dam which created Lake Volta, the largest man-made lake in the world;
- the internal conflicts of China, the north of which contains 2/3 of the land under cultivation, but only 1/5 of its water resources, and where the sizeable growth of its cities and industry is absorbing a large part of those resources, impeding irrigation of its better situated land;
- Latin America, where the scarcity of the resource has caused incidents between
- Bolivia and Chile over Lake Silala, or
- that caused by the Guarani aquifer, the 3rd largest reserves of fresh water in the world, which is a potential source of conflict between Argentina, Brazil, Paraguay and Uruguay; and many more that could be mentioned.

**Fernández-Jáuregui<sup>6</sup>** predicts that, in 2025, Western Europe will have a larger population subject to water stress than free of it. (And, within Europe, it must be said that Spain is undoubtedly the most arid country in the EU, although, as will be seen, the problem of water in Spain is one of governance). And the same will happen in the Pacific, China and south-east Asia. In contrast, North, South and Central America, Africa, Russia and the countries of the former USSR will be

---

5. The eight conflicts water could cause. [http://www.teinteresa.es/mundo/conflictos-podria-desatar-agua\\_0\\_1076293774.html](http://www.teinteresa.es/mundo/conflictos-podria-desatar-agua_0_1076293774.html)

6. Fernández-Jáuregui, Carlos A. "El agua como Fuente de conflictos: repaso de los focos de conflicto del mundo". CIBOV Foundation. Afers Internacionales. N° 45-46. Pp. 179-194

in a situation of low or zero stress. So the main sources of conflict are in the first group mentioned.

But also, when droughts come, permanent conflicts arise between irrigation users, other water users and environmentalists. This is presently the case of California, affected by El Niño and currently suffering its fifth year of drought. H.V. Eastman and Hensley Lakes are nearly dry and, with this, old, latent disputes between different water claimants have resurged. Water restrictions are in place since 1<sup>st</sup> April 2015 and the governor of California has proclaimed that it is facing a “historic drought.” Other problems are affecting the Sacramento-San Joaquin River Delta. And this generates a great debate about water rights.

So there is a problem about water use, its ownership and water rights and its prices (we shall refer to this issue further on). No-one has expressed this better than **Uri Shamir** when, referring to the Israeli problem, he said, “*If there is a desire for peace, water will not be an impediment, if there are reasons to fight, water will offer many opportunities*<sup>7</sup>”

### **I.3.- Water vs. Food Security: land->hunger.**

And water takes us to food security, a frequent subject of debate within the FAO. Food security in quantity, not just calories or nutrients, is a priority objective of any state, now and at any time in history. Food security, which is only achieved by having the necessary resources to obtain the food required by the population concerned. And when all is said and done, these resources are land and water.

Population has grown over the centuries, but the jump in the last century was tremendous. To a very large extent, food production kept up with the demographic increase. How was this achieved? It can now be said that the 20<sup>th</sup> century did not expand agricultural production with a significant increase in land area. On the contrary, this area measured in ha/inhabitant has shrunk. Even more so in developed countries because of urbanisation and industrialisation. And although irrigation was an important factor in agricultural development in the second half of the

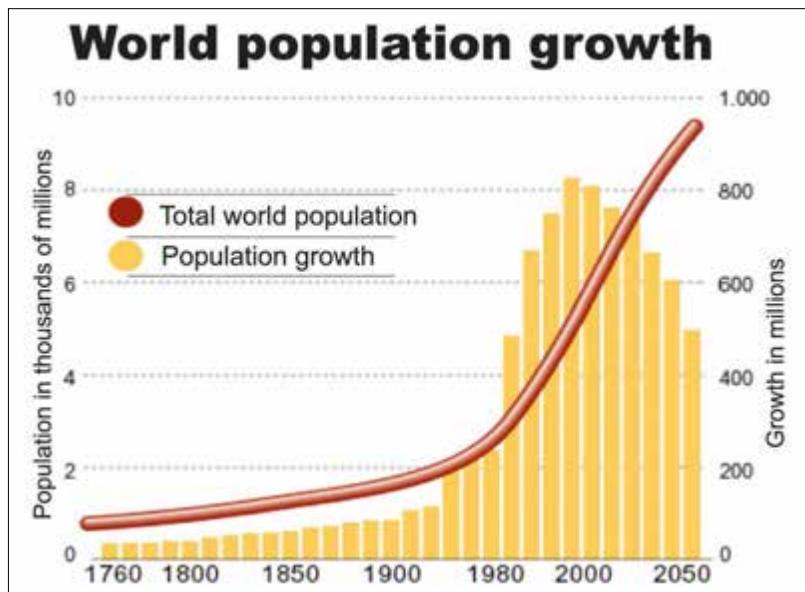
---

7. Quoted by Steve Lonergan. Watershed: The Rule of Freshwater in the Israeli-Palestinian Conflict. IDRC Books. 1994.

20<sup>th</sup> century, science and technology also helped to improve the food supply, as a whole and per inhabitant. Since the time of **Malthus**, the population has multiplied by five, grain production by ten, and wealth by twenty. There is undoubtedly more population, but with standards of living undreamed of at the time.

And the question is whether irrigation today makes much or little sense in a global world subject to growing tensions due to population growth, with greater demand and threatening climate change. According to the UN, the world will have 9,000 million inhabitants in 2050 (Graphic 4). This population will require no less than an additional 60% of food above current consumption levels. And this will require more land, more water and more technology to meet three challenges: that of supplier, that of poverty reduction and that of natural resource management in a scenario, subject to increasing climate change. Is this possible? Will the population increase premise be true? Some experts doubt it, believing that it will probably grow less than the world forecasts normally used, or even decrease in coming decades.

**Graphic 4.- World Population Growth**



In any case, a new factor must be added to the world food supply and demand figures usually considered: it is estimated that 30% of the food produced in the world does not reach consumption but is lost to deterioration or destruction on the way between farm production and the consumer. Many foods reaching the retail stage are even eliminated when they are still apt for consumption, due to irregular handling and expiry or useful life limit dates. Obviously, solving this question intelligently would remove many shades of poverty from the most usual analysis.

In the last quarter of the last century, and even in this one until the great crisis of 2008, we seemed to be living on the Planet of Abundance. Humanity's great needs were satisfied. In accordance with **Maslow**'s pyramid, we had passed the initial stages and nearly reached the stage of selfactualisation. Hunger and thirst were, of course, something remote, which practically affected only a small part of the world's population. The FAO approached its programmes with an optimistic view and the number of the underfed fell, year by year. It was not a "brave new world" of course (there are still 800 million undernourished people in 2015, according to the FAO), but neither did it seem that the Malthusian spectre was coming into being, nor that there were signs of it.

However, suddenly (in appearance, at least), a great wave of food scarcity swept over the planet in the years 2008 and 2011, warning us of our own climactic fragility. The great products which dominate world trade, wheat, maize, soya, cocoa, coffee, sugar, etc. nearly doubled their prices in those years. And the high prices, due to their scarcity, produced revolts, disturbances, demonstrations, etc. by hungry populations which suddenly saw their basic diet disappear from the markets because of their zero presence or unattainable prices. The "Arab Spring" (Sudan, Egypt, Tunisia, Libya, Algeria, etc.) was the result of this price rise situation of that "flare-up of prices" which the Baltic Dry Index had forecast. The prices were even so attractive and their growth curves so enticing (for others) that financial funds based on raw materials were quickly created to speculate in that manner with the future of foods. With food futures, it was possible to earn more than with any other financial asset. The same thing is happening with the role played by the large water companies in the stock exchanges where they are traded.

And at the present time (December 2016) once again we are noting a certain change in international cereal prices that is indicative of an upward trend in the

future, in spite of the good harvests last winter and spring. What's the explanation? Only that the insatiable growth in global consumption is counteracting the supply. And we will have to get used to the fact that, as has already been pointed out, the global food demand will grow at a minimum of the same rate, on a par with the population increase.

The world has a very small area, little land (when moors, mountain ranges, etc. have been discounted), which is suitable for cultivation: only 12%. This proportion is reduced to 5% in sub-Saharan Africa, to 10% in the Americas, but grows to 17% in Asia and 13% in Europe (although it is 30% in Western Europe and the Mediterranean Europe)<sup>8</sup>. There is not much land and we are reaching the limits of its exploitation without incurring in heavy deforestation, which should be prevented because of climate change and the need for plant cover to absorb CO<sub>2</sub> and emit O<sub>2</sub> into the atmosphere.

This shows how today there is a new situation of imbalance between <<land-water-food-population>> which is based on the following:

- a) Heavy competition for land use between the binomium of “oleaginous grain” intended for 1<sup>st</sup> generation biofuels and grain for food. Some 80-100 M tonnes of USA corn is dedicated to biofuel, i.e., 1/3 of its production. The proportion is greater in Brazil. Europe only does this with 5% of all grain cultivated. Yet it is clear that every hectare given over to biofuels is a hectare lost from the food supply. This causes an ethical debate about the suitable destination for agricultural land. It would appear that the European Commission is heading towards the gradual reduction of biofuels in spite of the fact that they form part of the bio-economy and “green” growth and help to diversify farmers’ sources of income. As can be seen, they are two sides of the same coin.
- b) Heavy increases in demand for food products which have nothing to do with biofuels, e.g., milk and meat. In China, the average annual consumption per capita of beef is 5.4 kg compared with 17.5 in Europe, and only 10.4 l of milk a year is consumed there compared with 68 l in Eu-

---

8. FAO.AQUASTAT. 2014. Figures from 2012.

rope. Demand in countries like China and India is becoming westernised in terms of consumption patterns. If their consumption became the same as that of the EU, it would make it necessary to nearly double world production in many subsectors, according to some estimates. Is this possible?

- c) Apart from food, but still in terms of agricultural products, demand for and prices of textiles are also rising. For example, cotton. Once again, it is necessary to look at China, today's leading textile producer and also the largest cotton importer in the world.
- d) Large increases in demand for previously unusual foods in the Asian diet are being recorded, especially in China and India, at the same time as greater pressure in demand for wheat or traditional foods like rice. This is all due to several shared causes:
  - a large increase in GDP (basically in China up to the beginning of 2016<sup>9</sup>) and per capita income,
  - considerable increases in the proportion of urban population and, as this population's diet increases and becomes more diversified and westernised, the effect of this not just on internal production but also on imports.

**Lester Brown** announced in 2008 that China's urbanisation would create a world food problem because it would create global scarcity<sup>10</sup>,

- its rural population is still 615 million people with an income half that of urban incomes.

- e) China's case is paradigmatic: it is the leading farming country in the world, with only 8% of its arable land and 6% of renewable sources of

---

9. China's downward trend in GDP growth has been very obvious since 2010, when its interannual rate touched 12%, now standing at around 5-6%, while in the rest of the world it is about 3%. It is obvious that the Chinese economy is heading towards a new model, which is going to slow down exports and internal demand, which is being dragged down by the fall in investments and industrial activity. The same thing is happening with private consumption.

10. Lester Brown. (<http://blogs.Periodistadigital.com/dinero.php?cat=6044>)

the planet's "blue water," resources too scarce to feed 20% of the world population<sup>11</sup>. It is an enormous country with an area of 9.5 million km<sup>2</sup>, but only has 121.7 million arable hectares.

All this goes to explain how the present Chinese crisis (2015-2016) is affecting global demand for oil, food and commodities<sup>12</sup>. Today, doubts about the health of the Chinese economy are affecting the growth and economic stability of the whole world. And we cannot forget that China's share in the world trade of agricultural raw materials is very high: 31% in cotton, 30% in rice and soy oil, 28% in soy flour, 22% in maize, 17% in wheat, etc. All of these have undergone very heavy falls since 2011, and today's figures are practically 1/3 of those in that year for the aforementioned products.

- f) In parallel, in India, every inhabitant today has 1800 m<sup>3</sup> of water a year to live on. Irrigation represents 80-90% of consumption. If in coming years, its population grows to 1.5-1.8 thousand million inhabitants, an increase of not less than 30% of extra water will be needed. That is the reason for the colossal project (*Nature* March 2008) launched in India to connect 46 large rivers, with some thirty canals which come to a total of about 10,000 km, with a cost of more than \$200,000 million, but which would allow the irrigated area to be doubled to reach 70 million hectares. It does not need to be pointed out that this, like any similar project, is subjected to all kinds of objection on environmental grounds. And the Indian government has to find the balance between the two sides<sup>13</sup>.
- g) Insufficient use of productive land on the African continent (only 9% of its continental area is cultivated), to which is added its situation of poverty in

---

11. This is why China intends to increase its agricultural land by 7 million hectares, as well as the land it is purchasing abroad, such as the great purchase transaction of 3 million hectares acquired from Ukraine two years ago, because today it is a net food importer, although it is still a believer in the principle of food self-sufficiency.

12. This is relevant because it is having a big negative effect on world trade in raw materials, particularly agricultural ones. Today, partly because of the effect of this, the Rogers International Commodity Index is at its lowest level since the 2008 recession.

13. Another example is that of Turkey, on course to increase its currently irrigated land area to some 9 M ha, nearly doubling its present area, if its headwater investment programmes are carried out, e.g., the GAP development programme for Southeastern Anatolia.

technology, training and resources. Its soil is enormously fragile in many parts of its large geography. And its great water resources (the Nile, Congo, Zambezi, Niger, etc.) are difficult to transform into irrigated land. And some of them are the object of struggles and conflicts, as has been pointed out.

- h) Water tariff or price policies, whether for urban use or especially agricultural use which, being based on large hydraulic infrastructures, lead to public prices/tariffs suitable for the planned purpose, which leads to urban consumers or irrigation farmers having a high level of implicit subsidy with regards to their real costs which, in turn, leads to a very low level of efficiency of use of the resource. And this happens nearly everywhere in the world. This is not usually the case with irrigation using groundwater, the withdrawal cost and investment for which falls entirely on the user<sup>14</sup>. This question becomes more difficult in the case of water from desalination plants, the high energy cost of which is impossible to carry over to end user prices, which has caused serious conflicts in the areas where they have been built.
- i) Climate change which exacerbates droughts and their frequency. In Spain, 2015 was the warmest year since records began in 1880, and December was also the warmest for 136 years.

To all this is added the fact that the available usable soil per person in the world keeps falling because of high population growth. This is the key question of the 21st century. Until now, science and technology have allowed production per hectare to be multiplied, so covering the breach between population increase and the reduction in hectares/person. It will only be possible for these challenges to be met by thriving, highly qualified conservation agriculture, highly precise in optimum use of resources, including water. And only a revolution in world trade based on “virtual water” and the “water footprint” (which we shall discuss when we deal with the “new paradigms”) will be able to take this whole matter to the new, more rational horizons.

---

14. See: Min. Medio Ambiente. Precios y costes de los servicios de agua en España. Madrid. 2007; Garrido, Alberto y Custodio, Emilio. La gestión estratégica del agua. Seguridad Global, nº 03. Choiseul.2012; Garrido, Alberto y Llamas, M. Ramón. Water Policy in Spain. CRC Press. 2009; Arrojo, Pedro. La política de precios en el agua para regadío. Etc.

#### **I.4.- Solutions for water and land scarcity.**

So we shall have to solve our problems in the future with less land and less water per inhabitant. And if we have less provision of both resources and most also be competitive in an open, global market, probably the only remaining solution, if we wish to maintain agricultural production potential, is to apply the greatest intensity of technology we are able to provide ourselves with (and applying water to products of higher added value), to the greatest possible number of these irrigated hectares. Because the productivity of irrigated land is three or four times that of unirrigated land. That is why this is a powerful instrument at the service of the eradication of hunger.

Bear in mind that mechanical technologies replace or economise work, while biological and chemical technologies economise land. Mechanical technology increases scale, in fact, demands this increase. It is cause and effect. Biological technology, in contrast, is neutral, working on large or small areas. In this sense it is like irrigation. It helps to intensify both small and large-scale production and, in the case of irrigation, even allows the addition of greater technology provision.

And as **Borlaug** reminded us years ago, “*There are many technologies for improving the efficiency of water use. Wastewater can be treated and used for irrigation. This could be an especially important source of water for peri-urban agriculture, which is growing rapidly around many of the world’s mega-cities. Water can be delivered much more efficiently to the plants and in ways to avoid soil waterlogging and salinization. Changing to new crops requiring less water (and/or new improved varieties), together with more efficient crop sequencing and timely planting, can also achieve significant savings in water use.*”<sup>15</sup>.

Today, irrigation is the great variable to adjust agriculture to increasing food demands. Using water to intensify exploitation is one of the few methods that can be put into effect when we have exhausted the possibilities for incorporating technology into unirrigated agriculture. GMOs are another, but they are the target of absurd arguments against which most of the world’s scientists and science academies have raised their voices to defend GMOs from a scientific point of view.

---

15. Norman E. Borlaug and Christopher Dowswell. Op. Cit.

Let's not forget that, among the GMOs, the cultivation of Bt-maize authorised for the last 18 years in Spain has not only notably reduced use of fungicides, but also, and this is important, it is estimated that it has led to a lower water footprint of 1 million m<sup>3</sup>, lower use of irrigation water quantified as 490 million m<sup>3</sup>, and greater CO<sub>2</sub> fixation of some 663,000 t of CO<sub>2</sub> equivalent.

So we need more biotechnologies, which allow us to create – yes, create – new plant varieties more suitable for their intended purpose. Scientists the world over are doing this, searching for plants which allow progress to continue to be made in solid and liquid biofuels but are suitable for arid or semiarid land and in extreme climate conditions. And we must accept the same for plants intended for our food.

And as **Borlaug** warned us, “*I say that world now has or will soon have the technology - available or at an advanced stage of research - to feed a population of ten billion people. The more pertinent question today is whether farmers and ranchers will be permitted to use that technology.*”<sup>16</sup>. For the moment it seems not.

For this reason, a multiple strategy becomes necessary:

- Expansion of irrigated land, reducing resource consumption figures at the same time.
- Techniques to obtain maximum irrigation efficiency (localised irrigation and elimination of gravity irrigation) which increase productivity, while saving water.
- Increased cultivation intensity and increased unirrigated land yields in developing countries.
- Improved cultivation techniques and land management for maximum rain-water conservation.
- Expansion of the area of irrigated agriculture in developing countries.

---

16. Norman E. Borlaug and Christopher Dowswell. Op. Cit.

- Expansion of irrigation micro-projects using groundwater with low pumping costs and easy management.
- Reconditioning and modernisation of old irrigation systems
- Use of treated wastewater
- Training in efficient water management, especially for medium-sized/family farms
- Rainwater capture from roofs, etc.
- Desalination of seawater in cases where the energy cost allows an acceptable price for agricultural or urban use of such water.

If agronomic technique – that invisible form of engineering – has so far enabled agricultural productivity to grow well ahead of the population and, bit by bit, narrow the hunger and malnourishment breach, it is now impossible to state that that difference will not grow in coming years. With current technology and 1<sup>st</sup> generation bioenergy, it will be impossible. To the renewed Green Revolution, it will be necessary to add the Blue Revolution, the Water Revolution which is beginning.

A revolution which can only be positive if it begins from the premise that climate change is a reality to be taken into account.

### ***I.5.- Water and climate change: an anthropogenic view.***

Climate change is not nowadays open to debate. A new, anthropocentric view of the planet has put it in the centre of world attention. The different reports of the IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) confirm this, in spite of numerous uncertainties and cautiousness in this regard. And the Paris Climate Change Conference of 2015 and the words of Pope Francis in his “Laudato Si” mentioned in the preface are good evidence of this. The FAO’s 17 Sustainable Development Goals, approved in 2015, include one, number 6, dedicated to “Water,” as it forecasts that by 2025, 1,800 million people will live in countries or regions with absolute water scarcity. Let us first look at the papal encyclical.

a) *Water in the Laudato Si.*

Pope Francis' encyclical "Laudato Si" (May 2015) was a voice of alarm for the world about the state of our planet. But it is not the only reference made by the Pope to the water-land-hunger problem. In June 2015, he expressed serious preoccupation at an FAO Conference. Let's look at both.

The pope gave a noteworthy address to the participants of the 39<sup>th</sup> FAO Conference, in which he highlighted matters like the following: "*We must respond to the imperative of ensuring access to basic food as a right of all people. Rights do not admit exclusions.*" ... "*Reducing waste is essential, as is reflecting on the non-food use of agricultural products, which are used in large quantities for animal feed or to produce biofuels.*" ... "*We are rightly concerned about climate change; but we cannot close our eyes to financial speculation*"... "*Climate change also makes us think of the forced displacement of populations and so many humanitarian tragedies caused by lack of resources, based on water, which is already the cause of conflicts that can be expected to increase.*"... "*Apart from water, land use also remains a serious problem.*"... . "*FAO projections show that by 2050, with 9 billion people on the planet, production must increase and even double. Instead of being impressed by the data, let us today change our relationship with natural resources, ... let us eliminate waste, for that way we will conquer hunger.*" These are recurrent subjects in his thought which we find in his later encyclical.

The new encyclical, subtitled "Care for Our Common Home," is an extensive text in which he makes environmental defence the great subject of his papacy and in which he makes a real declaration of ecological principles, in which climate change is his central line of thinking. And its title quotes the beginning of Saint Francis of Assisi's famous "Canticle of the Creatures," considered the oldest known ecological writing, dating from the 13th century.

The Pope tells us, "*This sister [Earth] now cries out to us because of the harm we have inflicted on her*" and invites to a "*new dialogue about how we are shaping the future of our planet,*" and warns about the enormous amount of rubbish and waste, the -"*immense pile of filth*", he writes, which much of our planet has become, speaks of water and loss of diversity and refers dramatically to a

“*planetary concern.*” He complains about “*weak responses,*” accepts the “diversity of opinions,” examines creation from the evangelical point of view, but opens up the discussion and offers the encyclical as an element of discussion for all Christian religions or any other faith. He makes it clear that the ecological crisis has human roots and makes some complaints about the “*globalization of the technocratic paradigm,*” makes particular reference to “*new biological technologies,*” specifically referring to GMOs, cautiously but not in the least vaguely, and asks for an “*integral ecology*” and a move “*towards a new lifestyle.*”

The text had swift political effects. It is no small writing but a serious, responsible, tough essay, very tough and demanding, and will be the source of much discussion. Its active environmentalism leaves no one indifferent. And as can be seen, this is not a traditional encyclical, focused on religion, God and faith or on morality. Rather, this is a text which moves between science and faith, between dogma and real-life, breaks the moulds of the past, is more connected to science than it could have been at any other time and combines science with God, faith and Planet Earth. It has even been written that it creates a new sin: the environmental sin. But the truth is the Pope deserves praise for this encyclical which in many ways breaks with the past and warns us of the risks to

water, the Earth, forest masses, climate change and, in short, our own survival. An encyclical to which we shall have to return on other occasions because the discussion of its fascinating contents has only begun.

In Section II, many references to the subject of water are made. Let's look at some important paragraphs:

- *Fresh drinking water is an issue of primary importance, since it is indispensable for human life and for supporting terrestrial and aquatic ecosystems.*
- *Water supplies used to be relatively constant, but now in many places demand exceeds the sustainable supply, with dramatic consequences in the short and long term.*
- *Water poverty especially affects Africa where large sectors of the population have no access to safe drinking water or experience droughts which impede agricultural production.*

- *One particularly serious problem is the quality of water available to the poor. Every day, unsafe water results in many deaths...*
- *Yet access to safe drinkable water is a basic and universal human right, since it is essential to human survival and, as such, is a condition for the exercise of other human rights.*
- *The problem of water is partly an educational and cultural issue, since there is little awareness of the seriousness of such behaviour within a context of great inequality.*
- *Greater scarcity of water will lead to an increase in the cost of food and the various products which depend on its use. Some studies warn that an acute water shortage may occur within a few decades unless urgent action is taken.*

As can be seen, the Laudato Si goes lose to the heart of the subject of water at the present time: scarcity, deficient quality, associated diseases, a public asset, food scarcity, potential cost and price rises, etc. All of this in the context of climate change, because the backbone of this encyclical is precisely that question.

#### *b) The Paris Climate Change Conference (COP21)*

The successful culmination of the famous Climate Change Conference – the COP21 – held in Paris in the first fortnight of December 2015 achieved a complex, partly binding agreement which has been signed in the UN (22/4/2016) by 175 countries and the EU. It is an unprecedented agreement. All the parties were aware that climate change is here. It was not possible to remain indifferent to the increase of CO<sub>2</sub> and the progressive rise of the planet's temperatures. It had to be stopped. It was necessary to send a “*message of life*” as **François Hollande** said. (In its final success and contents, the Pope's Encyclical published seven months before had an acknowledged, decisive influence.

It is clear that the temperature of the surface of the Earth has increased between 0.6° and 1°C, especially from the eighties on. Global warming is a fact. Greenhouse gases (GHG) increase, ice caps and glaciers recede, the sea level rises and terrestrial ecosystems are undergoing severe changes. And this climate change could delay the achievement of a world without hunger by affecting crop productivity and even their viability due to temperature changes and bigger and

more frequent droughts. And, of course, rainfall regime and rainwater irregularity. And this in spite of many doubts and uncertainties in analysis and forecasts related with precipitations by great region and their consequences in terms of a regular rainfall and scant food production.

The signatories represent 95% of the present emissions of anthropogenic greenhouse gases (GHG) and the aim is to reduce present GHG levels to achieve, in turn, a reduction of 2°C, or at least not exceed 1.5°C in the planet's temperature. This requires, at the same time, achievement of a balance between anthropogenic emissions and carbon sinks. And it needs new energy policies, above all, to reorientate investment in favour of clean energy, with progressive abandonment of fossil fuels, and, therefore, reorientation of the economy. This agreement greatly concerns, agriculture, which belongs more to the solution than the problem, because it can contribute towards mitigation by minimising GHG emissions and sequestering carbon.

The agreement is historic, legally binding, ambitious, balanced for all parties and an achievement of the international community. It is not perfect for anyone, but a success for all humanity. And it is not static, because it is going to be revised every five years, when stock will be taken of where we are and consideration given to the next round of commitments, which will always have to be more ambitious than the present ones. Furthermore, a global cooperation framework is created so that the more vulnerable developing countries can confront the losses and damages associated with these impacts. And to achieve lasting, sustainable development worldwide, the Paris Agreement lays the foundation for transformation of development models towards low-emission patterns<sup>17</sup>.

With regard to water, high temperatures and climate change have consequences on its availability and regularity which, if that climate is not corrected, will be altered immediately. A temperature increase produces changes in flower-

---

17. It must be recognised that the leadership of the Spanish Commissioner for Energy and Climate Action, Miguel Arias Cañete, has made it possible to reach this point, because of his having proposed maximum ambition and because of his great negotiating work (over 100 trips and leadership of the Ambition Coalition). This is combined with great work by the Spanish Climate Change Office of the Ministry of Agriculture, Food and the Environment, active work in negotiations, recognised by the United Nations and EU, with contributions in all the technical negotiating groups and many initiatives launched since the beginning of the legislature.

ing seasons, alterations to times of cold, greater risk of frosts, changes to the usual dates of rains, less predictability, more irregularity of amounts and higher risks of the lights and damage. These are not minor consequences.

c) *Climate change, water and agriculture.*

Climate change and agriculture are closely related. Agriculture is heavily affected by climate change because it has the peculiarity that it depends to a large extent on environmental conditions (shooting, flowering, pollination, ripening, etc.). But add another singularity: it is the only sector, together with forestry, which can, by photosynthesis, sequester carbon dioxide from the atmosphere and retain it in more or less stable forms (biomass and organic soil matter). For this reason, agriculture should play a primordial role in all environmental and climate-change policies.

According to **L. López Bellido**<sup>18</sup>, it is estimated that agriculture generates 10-12% of anthropogenic emissions of greenhouse gases (GHG). But agriculture can contribute towards mitigation of these GHG emissions, by sequestering atmospheric C and producing biofuel. The agricultural sector has an important new challenge: to increase global production, with the aim of providing food security to the population of the middle of the 21st century, while also protecting the environment and improving the overall function of ecosystems.

With regard to water, crop needs, its availability, water quality, geographical distribution and precise requirement in time, and the fact that a constant, renewable resource is corresponded by an increasing population, making the m<sup>3</sup> per capita ratio decrease year by year, together with other factors will be affected by climate change, and this means that the world is facing a severe water crisis. Because, deep down, there is a “vicious circle” consisting of higher temperatures-> greater irrigation needs-> more irregular rainfall-> falling reservoir and river levels-> ... And these “blue water” limitations in some regions, which are intensely irrigated today could cause the reversion of 20-60 million hectares of crop land under irrigation to non-irrigation (Western US, South and West China and Central Asia).

---

18. López Bellido, Luis. Agricultura, cambio climático y secuestro de carbono. Ed. Luis López Bellido. 2015

It is true that the need for the alternative sources of water required by agriculture could also theoretically be satisfied by using seawater. Fortunately, we live on a planet 71% of the surface of which is covered by water. So desalination of the water is an obvious available option, although with a high energy cost, which often makes it an impossible solution.

And it must not be forgotten that irrigation is an instrument to prevent deforestation, even more serious when this loss removes large areas of CO<sub>2</sub> sinks. The **Lorenzo Pardo Plan** of 1933 already tried to prevent clearances and reduction of the forest area<sup>19</sup>. We should not look at that deforestation problem in the same way as then. Today we see it in terms of climate change, loss of areas which contribute towards elimination of CO<sub>2</sub>. When these areas have been burned, as in Brazil, where an area of topical forest like that of Spain was lost between 1990 and 2005, basically for soya, they have generated huge amounts of greenhouse gases. It is not in vain that tropical forests hold over 40% of terrestrial carbon.

As can be seen, another great goal of water, of irrigation, in this part of the 21st century is to fight to keep the world's forest area intact. Irrigation should also contribute towards this.

*d) Climate change, water and livestock raising.*

Furthermore, another, double reflection must be made calmly and dispassionately about climate change and the <crops-livestock> binomium. It is obvious that climate change is accentuating the patterns of drought, aridity, etc. in many regions of the world, including, there is no doubt, in the Mediterranean area.

If we examine the first question, we find that the “virtual water” needed today to produce a unit of product varies from 1m<sup>3</sup> of water to obtain 1 kg of wheat to 15m<sup>3</sup> for 1 kg of beef (see Section III. New Paradigms). That is to say, plant

---

19. The Lorenzo Pardo Plan (1933), designed for a land-hungry Spain, driven by a population of some 30 million inhabitants, good prices of agricultural products and lack of alternatives to increasing yield using fertilisers, which were then beginning to become widespread, led farmers to try to increase their productions with fertilisers or, failing this, snatching land from hillsides and woodland. So one of the aims of that plan was to prevent these clearances and obtaining better production by improving water use.

production is much less intensive in water consumption than livestock. Livestock raising - according to the FAO - is among the most damaging activities for water resources, water pollution, and eutrophication. Its main agents are animal waste, hormones and antibiotics, etc. Overgrazing also has a negative effect on the water cycle. And the demand for forage crops contributes towards loss of diversity. It should not be forgotten that animals suitable for production of meat and milk now represent 20% of the terrestrial animal biomass<sup>20</sup>.

The initial conclusion could not be more conclusive. Under discussion is not only the priority of use of cultivated land for biofuel or food, but also for plant or animal products. Today, there is an incipient vegetarianism the reasons for which lie not only in pity for animals, but also in rational use of resources, including water. But also GHG emissions. Because on that debate must be superimposed the impact of livestock production on climate in terms of greenhouse gases. Rumians release large amounts of methane (CH<sub>4</sub>) into the atmosphere, and gas with a heating effect much greater than CO<sub>2</sub>. Years ago (2006), the FAO issued a report on the GHG produced by livestock farming with really alarming figures: The livestock sector generated more greenhouse gases –18%, measured as carbon dioxide equivalent (CO<sub>2</sub>e) – than the transport sector. ““*Livestock are one of the most significant contributors to today’s most serious environmental problems. Urgent action is required to remedy the situation,*” it read. If we also bear in mind that the FAO tells us that if China and India continue to increase their consumption, the demand for meat will double by 2050<sup>21</sup>, it is clear that this is a singular study subject.

And if this is so, and if the questions raised are as explained by those whose ideas are included, it will be necessary to reflect on whether, to help in the fight against the effects of climate change, in terms of emissions and water, it were not a good idea to make a new balance between crops and livestock. A balance which would probably be weighted more to one side if nutrition were added.

---

20. FAO. Report 20.11 2006 <http://www.fao.org/Newsroom/es/news/2006/1000448/index.html>

21. See FAO report. Tackling climate change through livestock. FAO.2013.<http://www.fao.org/3/a-j3437s.pdf>

## **II.- Water in Spain.**

### **II.1.- *From the Enlightenment to the second half of the 19<sup>th</sup> century.***

Let's begin at the end of the 18<sup>th</sup> century, a time when water consumption, for both agriculture and housing was very low compared with present figures. Water for the consumption of housing came from underground wells in the houses themselves (when they were built over them), nearby rivers, or women carrying pitchers every day or using public clothes-washing places. Hydraulic (or hydric, as the FAO likes to use in its documents) policy as such practically originated in Spain in the reign of Charles III (1709 – 1788) following the ideas of the Illustration<sup>22</sup>. In the second half of that century, the influence of the French physiocratic school, which emerged with the decline of French agriculture in the first few decades of the 18<sup>th</sup> century, gave rise to a new philosophy of the economy, in which agriculture was the centre and backbone of economic life. In his famous *Tableau économique* (1758), François de Quesnay maintains that only agriculture is a productive activity, because it is capable of creating an excess available over the necessary cost, both physically and in terms of value.

Sarrailh said that, at the end of the century, “*in Barcelona and Madrid, the doctrines of Quesnay, Adam Smith, or Turgot were followed as supreme authorities*”. Adam Smith published his famous “The Wealth of Nations” (1776) in which he made the source of wealth revolve around “work,” so moving away from the physiocratic idea of land.

What influence did these works have on enlightened economic thinking in the reign of Charles III? That time moved between the end of mercantilism and full-blown physiocracy and a (probably) incipient influx of Adam Smith's thinking in the monarch's final years. Years when Spain was rural and agricultural and agriculture represented a very high percentage of gross domestic product.

But a certain footprint of economic interventionism is perceptible in Charles III's reign, especially with regard to agriculture, so the existence of some eco-

---

22. See Jaime Lamo de Espinosa. “Política agraria en la España Ilustrada de Carlos III”. Agricultura y Sociedad. 1992. N° 70.

nomic policy cannot be doubted. This is shown by the famous *Reserved Instruction* intended to guide the work of the *Junta de Estado*, State Committee, created in 1787 which was the direct precursor of the Council of Ministers. This *Instruction*, which appeared when Charles III had already reigned for nearly thirty years, shows the “doctrine” which he had accumulatively created. It is the quintessence of royal government thinking. It contains, together with 14 sections or articles dedicated to agriculture, two about hydraulic policy, specifically Articles LXXIV, on Irrigation and Navigation Canals, and LXXVI, on the Formation of Reservoirs and Canals<sup>23</sup>.

The intention was to reactivate agriculture to meet the demands of an growing population, which was only 7.5 million at the beginning of the century. The 1787 census of **Floridablanca** lifted this figure to 10.4 million, and by 1808, according to **Gonzalo Anes**, Spain had reached 12 million inhabitants, 53% more than at the beginning of the previous century. For **Vicens Vives**, the 18<sup>th</sup> century “means getting the Spanish demographic cart rolling again,” and around that date the heavy expansion of farming production of the time began. Production for which the famous Enlightenment thinker **Gregorio Mayans** already demanded irrigation, writing to **Don Miguel de Nava**: “*the frequency of poor harvests in the Castiles depends on the lack of water. If use were made of what God has given them in rivers and springs, there would be more wet, because the damp vapours would rise into the region of the air and rain would be more frequent.*”<sup>24</sup>

Europe as a whole grew from 113 million inhabitants in 1760 to 175 in 1800, and 282 in 1860. Excluding Great Britain, which nearly tripled its population, the increase in Europe was 58% in the first 60 years of the 19<sup>th</sup> century. Spain grew by a slightly lower proportion, 50%. With few imports, it is obvious that this demo-

- 
23. **LXXIV. Irrigation and navigation canals.** *For these purposes, necessarily lead ways and canals of irrigation and navigation, without which there can be no ease nor saving in transport. The Junta must make every effort to help the ministers in charge of these respective branches, inventing and proposing to me the most effective means and judgements to abbreviate the full execution of these ideas.* **LXXVI . Formation of canals and reservoirs:** *Irrigation and planting require above all , the greatest concern and efforts of the Junta. Spain is often punished by drought and lack of rain; so the formation of reservoirs and canals, and use of all water which is lost or wasted, even rainwater, will be an effective way to prevent many calamities and advance agriculture. Many works of this kind have been begun, or are to begin, which the Junta must help with judgements and decisions, so that I or my successors may resolve.*
24. Mayans, Gregorio. Letter to Don Miguel de Nava Carreño of 4 February, 1765. Collected Letters V. Economic Writings. Valencia 1976.

graphic increase would not have been possible without parallel increase in interior agricultural production. An increase which was patently proved by the thesis of **Juan Rivero Corredera**<sup>25</sup> on agriculture since the end of the 18<sup>th</sup> century and its rejection of the ideas of “The Long Siesta”<sup>26</sup>, bringing the real production and consumption figures for the last two centuries up to date.

And so Spain began to trace its important lines of productive specialisation which were to be materialised at the end of the century, and thereafter. And so numerous hydraulic works were carried out with heavy investment. Referring now to the time of King Charles III, among this investment, canal building deserves a place of honour.

This policy already had several precedents in Europe, which already clearly showed the importance of canals. The King must have known the importance of the Canal du Midi in France, which from 1680 on opened Toulouse grain to the Mediterranean markets of Narbonne and Marseilles. This would help crop specialisation in France.

At that time, the second section of the Royal River Jucar Irrigation Channel, the works of the Tauste Canal, the conclusion of the Imperial Canal of Aragon<sup>27</sup>, the Canal of Castile, the San Telmo Aqueduct and the Royal Alcira Irrigation Channel were approved and built. To them should be added the Guadarrama Canal, to provide Madrid with stone, and the Canal of San Lorenzo de El Escorial, to supply that town with water. The Albacete Canal was also designed.

The conflicts of the 19th century, the Napoleonic Wars and final decline meant that some of these works, so essential in the rest of continental and insular

---

25. Rivero Corredera, Juan. *Los cambios técnicos del cultivo del cereal en España (1800-1930)*. MAGRAMA. Madrid. 2013. Doctoral thesis awarded “cum laude”. Read before the Higher School of Agricultural Engineering of the Polytechnic University of Madrid.

26. Simpson, James. *La agricultura española (1765-1965): La Larga Siesta*. Alianza Editorial. 1997.

27. The Imperial Canal of Aragón connects three great Spanish kings. Ferdinand the Catholic gave authorisation for water to be diverted from the River Ebro; Emperor Charles V visited Saragossa in 1518 and in 1529 agreed to finance the work at his cost in exchange for the revenue, and Charles III, also visiting the capital of Aragon in 1760 providing the necessary drive for completion of the work, culminated in 1790, after hazardous vicissitudes and debates in which the effective interventions of the Count of Aranda Ramón Pignatelli were important.

Europe, were abandoned. Those which remain today are, to a large extent, the work of Charles III, the builder king.

He left his influence with the creation of Economic Societies of Friends of the Country, under the wing of their homonyms in Bern or Dublin, the most important of the time, dedicated to research, and the first royal academies.

## II.2.- *From Jovellanos to Joaquin Costa: the beginnings of hydraulic policy.*

The aforementioned works were, above all, intended for boats and interior goods transport, supply of urban centres, but for irrigation in only a small proportion. We have to wait for Jovellanos<sup>28</sup>, at the end of the 18<sup>th</sup> century and Costa<sup>29</sup> in the 19<sup>th</sup> for a different vision: great canals and state public works for irrigation purposes, to supply food to a growing population<sup>30</sup>. And both constantly refer to Spanish irrigation and agriculture. The famous *Informe sobre la Ley Agraria* (“A report on the dossier of the Agrarian Law”) by **Jovellanos**, commissioned by and presented to the Real Sociedad Económica Matritense de Amigos del País (Society of Friends of the Country) in 1786, was to be the source of inspiration for all Spanish agrarian reformer of the coming century, among whom was **Costa**, who, however (and as **Juan Velarde** has rightly pointed out in critical tone), never mentioned or quoted **Jovellanos** in his works.

But, nearly a century before **Costa**, **Jovellanos**, was already demanding irrigation to counter the Spanish climate which, he wrote, is “*burning and dry and, in consequence, much land lacks water or does not produce anything or only sparse pasture.*” And he adds, “*Irrigation can only be achieved by the favour of large, very expensive works.*” He rounds off with, “*It being impossible to carry them all out at the same time, they must be undertaken successively and in orderly fashion, and as neither is it possible for them all to be equally necessary nor equally advantageous, it is clear that in no way could a government’s economic wisdom*

- 
28. Lamo de Espinosa, Jaime.- “La Ley de Modernización Agraria: entre Jovellanos y la Unión Europea”. Modernización y cambio estructural en la agricultura española. Coordinator J. M. Sumpsi. Ministerio Agricultura, Pesca y Alimentación. 1994. Pp. 243-285.
29. See, Lamo de Espinosa, Jaime. Joaquín Costa. Agricultura, agronomía y política hidráulica. Eumedia. 2012
30. Joaquin Costa (1846-1911) is directly connected with Jovellanos (1744-1811). And coincidentally, their deaths were exactly a century apart, in 1811 and 1911.

*shine so much as in the establishment of the order, which would prefer some and postpone others.*" This echo, amplified, reached **Costa**.

Nobody disputes nowadays that the father of hydraulic policy in Spain was **Joaquin Costa**. In a way, he is the great continuer of the work of **Charles III** and the enlightened thinking of **Jovellanos**. Huesca, where he was born, was dominated by aridity, dryness, and its corollary, which **Costa** called "*sterility and death,*" which inspired his central thesis.

That is why **Costa** says: "*The fundamental condition for agricultural and social progress in Spain in its present condition lies in deliveries and deposits of rain and running water. These deliveries must be the work of the nation and the Agricultural Congress should urgently petition Parliament and the government, claiming them as Spanish agriculture's supreme desideratum.*" And he adds, as if he were a consummated, modern agronomist, "*that the two levers of plant life are water and heat.*"

Later on he says what he intends to obtain from these deliveries: to enlarge the meadow area, break up the transhumant flocks, double the number of cattle, narrow the area dedicated to grain, doubling its yield per hectare, *introduce the "water ranching" which is called fish farming* (he proposes this in 1810!), promote the cultivation of fruit trees, begin forest repopulation, reinforce market gardening, facilitate agricultural credit.

And he cites as examples of non-hydrographic agricultural transformation the Scottish highlanders who had changed from grain farming to livestock, in the same way as in Normandy. And when he compares our condition with that of the United Kingdom, he says, "*There as they have reduced the number of bushels sown, they have increased the number of bushels of wheat harvested, more meat and more wool were produced as well as more wheat.*" And rounds off, "*I shall not stop saying it: growing wheat under the present conditions is leaving us with no country and no shirt.*"

It is true, at that time wheat from the Ukraine or the USA was reaching Barcelona or Corunna at lower prices than that from Huesca in the same places. USA, France, or the Ukraine produced grain with more mechanisation, higher yields

and much lower cost than that of Castile or Aragon. And the new maritime means of transport, first the clippers, later steamships, greatly reduce transport costs. The result was that wheat from Aragon was not profitable. This created the overriding need for irrigation that **Costa** saw. And that irrigation first needed dams and canals for distribution.

That is the thread running through his thinking. He talks of an arterial water system, of the whole country being “*a carpeted meadow and endless flocks, divided, spaced out,*”, of a *population with no boundary or suburbs*, of its dryness which he intends to remedy with water, with *orchards of fruit trees and trees for forage and wood*”... Elsewhere, he says, “*without canals, there is no grass, without grass, there is no livestock, without livestock, there is no wheat, there is no remunerating, which is to say European, agriculture...*”. This is followed by some clearly environmentalist lines written at the end of the 19<sup>th</sup> century. He says, “*Trees reduce and fix the carbon with which animals poison the atmosphere to their own detriment...*” This is the greenhouse effect, a century before.

Perhaps because of his knowledge as a historian, he was able to send a clear message to the political parties of 1880: “*Irrigate the fields, if you want to leave a trace of your time in power: the Arabs passed through Spain and their race, religion, codes, temples, palaces, tombs have disappeared, but nevertheless their memory is alive, because their irrigation has survived.*”

That is why his obsession was the river (his river, the Esera), water, regulation of flow using reservoirs for agricultural use, In a statement he made to the newspaper El Globo on 15th February 1903, he said, “*Hydraulic policy is the sublimated expression of agricultural policy and, to generalise further, of the nation's economic policy.*” He knew that soil aridity and droughts were a part of the agrarian problem and “*hydraulic policy*” was part of the solution.

These ideas of **Costa** were not new, but he argued them with matchless force and passion, as he argued with force and rigour for three great projects: the Tamarite Canal, later to be called the Aragon and Catalonia Canal, which would fertilise 104,000 ha of La Litera, Aragon, and Catalonia; the Sobrarbe Canal, which was to irrigate 102,000 ha of Barbastro and Somontano; and the great Gállego Reservoir, which was to irrigate the Somontanos de Huesca and the Monegros.

Before his death, he was only able to see completed the Aragon and Catalonia Canal, starting from the waters of the Esera and Cinca, which enabled his county of La Litera to be irrigated. It was inaugurated by **Alfonso XIII** on 2<sup>nd</sup> March 1906, opening the sluice gates of the famous Sifón de Sosa, and today irrigates nearly 105,000 ha, of Aragon and Catalonia. And the famous “Tardienta Embrace” would not be finished until the Transition, being inaugurated by **Leopoldo Calvo Sotelo** in 1982.

Other projects he supported led Spain to create 300,000 ha of irrigation, which was a quarter of all the irrigated land existing at the time. He never imagined (it was technically impossible) the potential of groundwater, perhaps dominated by the great River Ebro and the Pyrenean rivers he saw every day.

So **Costa**, who died in 1911, is the intellectual link from the 19<sup>th</sup> century in this field and his thinking would extend until well into the 20<sup>th</sup>. We see his vision realised in this century: irrigation is applied to orange groves, olive plantations, vineyards, peaches, etc. “*The main export articles should be and are beginning to be fruits.*” He was not wrong That is the present situation. And he added, “*The natural laws of production require that passed yet be left to England and we dedicate our soil to the cultivation of citrus fruits and vines. And that is just what I want.*”. This is an echo of the thinking of **David Ricardo** (1772-1823) and his theory of comparative costs. Many of these ideas have stimulated agricultural policy in the last century and, rightly, made Spain a country where fruit and vegetable growing represent over 1/3 of agricultural production and the bulk of its exports.

But we cannot end the 19<sup>th</sup> century without mentioning the great hydraulic work in Madrid that has come down to our times. I am referring to the Canal of Isabel II, created on the order of the Royal Decree of 18th of June 1851, supported by Bravo Murillo, which decided that a canal be built to Madrid taking water from the River Lozoya. It is the consequence of Madrid, unlike other European cities, being built away from the course of a great river, always supplied by wells, groundwater, and the channels called “*viajes del agua,*” the supply possibilities of which showed themselves to be insufficient, as the population had grown in previous centuries. According to Professor Llamas, this event

marked the beginning of the acute “hydroeschizophrenia”<sup>31</sup> which was to determine our entire water policy, because of the separation of groundwater management from that of surface waters, with neglect of the former.

### **II.3.- *Hydraulic policy in the 20<sup>th</sup> and 21<sup>st</sup> centuries in Spain and Europe.***

#### *a) From the beginning of the 20<sup>th</sup> to the 21<sup>st</sup> century.*

**Jovellanos** and **Costa** led to the Act of 7<sup>th</sup> January 1915 and the approval of the first National Hydraulic Works Plan (in the same year (1902) as the coronation of **Alfonso XIII**) on which **Rafael Gasset** and regenerationist ideas had much influence. Previously, between 1875 and 1902, 17 reservoirs had been built, with a capacity of 96 million m<sup>3</sup> and making 24,000 ha irrigable. The 1902 plan represented the positive, extraordinarily ambitious work of preparing a catalogue of dams, canals and irrigable zones, the intention being to irrigate no less than 1.4 million hectares, basically on the Guadiana and Ebro. This plan was followed by the modified plans of 1909, 1916 and 1919 (together with the National Wealth Stimulation Act), in which the essence of the 1902 plan was conserved.

From the nineteen-forties on, dam and irrigation policy had great momentum, So, while the irrigated area in 1918 was 1.3 million hectares, between 1940 and 1959, between the Ministry of Public Works and the National Institute of Colonisation (Ministry of Agriculture), 310,000 hectares were put under irrigation, a figure much higher than the whole area changed between 1900 and 1940 (270,000 hectares). And in the following years land would be put under irrigation at the rate of about 45,000 ha/year. The World Bank report of 1962, said, “... *of the 450,000 ha that the state has put under irrigation in the last 20 years, most has been done in the last decade and 140,000 hectares, approximately, in the last three years.*”

At the same time, the reservoir capacity was increased, being multiplied ten-fold between 1940 and 1972, from 4,133 hm<sup>3</sup> to 38,819 hm<sup>3</sup>. It increased the length of Spain’s lakesides and shores by about 8,000 km. When **Costa** died, there were only 80 large dams. Today, there are over 1200 dams (450 are earlier than

---

31. Llamas Madurga, M. Ramón. “La Directiva Marco del Agua, remedio de “hidroesquizofrenia”. El fiasco del acuífero de Madrid”. Ilustración de Madrid. N° 6. Spring 2007. Pp. 5 to 14.

1960), storing over 56,000 hm<sup>3</sup>, representing 50% of the mean annual contribution of Spanish rivers. Consequently, hydraulic electric power was multiplied by nearly 10 in those years. And with regard to irrigation, in 1972, Spain already had 1,655,000 ha, to which were added later 35,000 new hectares from the Tagus-Segura Water Transfer, and today (2016) it has 3.54 million ha. Indeed, the Tagus-Segura Water Transfer, so questioned now, is still the only significant instrument made to allow interconnection of river basins, , later to be advocated by the **Borrell Plan**, in times of the government of **Felipe González** or the hydrological plan approved by **José María Aznar**, which included a modest water transfer from the Ebro, and was immediately repealed by **José Luis Rodríguez Zapatero** ( we referred to this when dealing with the introduction of desalination plants).

With regard to the Tagus-Segura Water Transfer, the words of engineer and writer **Joan Benet** should be remembered: “*The greatest antagonist to that hydraulic policy is the policy itself.*” He added that the Tagus-Segura, the largest long-distance water transport system, is the best example of ill will between neighbours. The people of Toledo think that the Tagus is theirs, and the people of Aragon think the same about the Ebro, when the latter runs through six autonomous regions.

But there are differences. The name of **Costa** is synonymous with agricultural and hydrological Redemptorism. The **Plan Pardo** is synonymous with encouraging exports and interior production to prevent deforestation. The colonisation plans in that enclosed Spain were part of the struggle for employment and food self-sufficiency. And the Tagus-Segura Water Transfer is the same as a monument to exports and, to a large extent, ended with the criterion of import replacement, as Professor **Agustín Cotorruelo** always reminded us. Well, none of that is valid today.

The productive orientation of those irrigated lands was radically different at that time from now, because its primary purpose was production of wheat, feed and fodder. In any case, the importance of irrigation shows that estimates of 1962, established for a hectare of wheat under irrigation a net yield of 8,000 pesetas, compared with only 1,500 for unirrigated land.

Over the last two centuries, the main role in all these matters, has undoubtedly been played by civil engineers and agricultural engineers, and has been has

been highly commendable. Yet in recent years other professions have been joining these two, in this path towards the truth and hydrological rationality.

*b) The hydrographic basins*

Those ideas on public works development led us to a model administrative organisation in both water and irrigation matters. Its milestones were the Waters Act of 1879, and the creation years later of the hydrographic confederations by the **Count of Guadalhorce**, Ministry of Development, based on the principle of river basin unity. Through this and the influence of another great Aragonese man, **Lorenzo Pardo**, the Ebro Hydrographic Confederation was created in 1926.

Since then, the “hydrographic basin” has always been considered a unit of management in Spain. And the Waters Act of 1985 ratified this as follows: “*The hydrographic basin, as a unit of management of the resource, is considered indivisible*”. This idea of the basin as management unit has important functional and administrative implications. It has been adopted as a criterion for water and management in international treaties and declarations, independently of administrative and political borders.

But these policies and Spain’s great development in recent decades have made it the fourth country in consumption of water per capita, only exceeded by the USA, Canada and Italy, the first two of which have an abundance of the resource and the third, a scarcity similar to ours. Spain is also the country in Europe and ninth in the world with the largest area of irrigated land. This is not a blessing, but a misfortune. It is the result of having to struggle against an adverse climate and try to beat it. And, as in the rest of the world, water consumption for irrigation represents a proportion much higher than cities or industrial uses.

After the creation of the Ebro Hydrographic Confederation in 1926, all the others followed, although over a long extended period of time. They are, in chronological order: *Segura* (1926), *Duero* (1927), *Guadalquivir* (1927), *Eastern Pyrenees* (1929), *Júcar* (1934), *Guadalhorce* (1948) which was later enlarged to *South Spain* (1960), *Tagus* and *Guadiana* (1953) and *North Spain* (1961) which was later divided into two, *Cantabria* and *Miño-Sil* (2008) (see Graphic 5).

**Graphic 5.- Hydrographic Basins of Spain**



**Source:** Carlos Escartín. Conference in La Granda.2012

Also exemplary of this kind of model and world pioneers (though later than the creation of Spain's hydrographic confederations and having somewhat different characteristics and natures) were the “*Tennessee Valley Authority*” (TVA) and the French “*Agences de Bassin*.” The driver behind the creation of the TVA was president **Franklin Roosevelt** in the years of the Great Depression.

Today, the model has spread all over the world and there is even an *International Network of Basin Organisations (INBO)*, created in 1994, and in which now participate 134 organisations from 51 countries.

In the international context, Article 11 of the *European Water Charter*, drafted and approved on 6 May 1968 in Strasbourg, already said that “*water administration should be based more on natural basins than on political and administrative borders*” as a basic principle for correct water management. Along the same lines, the *Convention on the Protection and Use of Transboundary Watercourses and International Lakes* was approved in Helsinki in 1992.

The integrated management model implies that water governance ability be circumscribed to the natural region constituted by the hydrographic basin, and consequently must cross borders and limits of artificial political and administrative divisions.

The Spanish Constitution of 1978 did not omit the subject and its Article 148 established the competencies over which matters may be assumed by the autonomous regions in their statutes, and Article 149 which of them are the competence of the state, adding in Article 150, the possibility of transferring state competencies through framework and transfer laws. According to Article 149.1.22.a), the competencies over a basin which only flows through one region belong to that region, whereas inter-regional basins are the competence of the state. In spite of this, it can be said that the management unit, integral treatment, water economy and respect for the unity of the hydrographic basin are still intact, So the hydrographic demarcation is the spatial area to which the water protection regulations in the Waters Act are applied.

Nearly 40 years since the approval of the EC, while the world of water moves in the direction of globalisation we, to manage a scarce, global asset, have moved in the direction of transferring competencies from state basin organisations to the regions. This might be considered somewhat questionable and worth rethinking. There is a risk of ending up by breaking the principle of management unity and taking it to an even lower level, that of users. Let's not forget that a few years ago, **Elinor Ostrom**, was given the Nobel Prize in Economics for her work on common goods and their management. The theories of the new Nobel laureate tend towards, even more dangerously, in my opinion, taking the decisions to users, irrigation consumers, rather than leaving them in the hands of public managers. And that these users should organise themselves to control uses and penalties. She uses the example of the Valencia Water Tribunal which she knew well years ago.

I do not think this advisable. In contrast, if we want to carry out something consistent in a country as extremely irregular in whether and the geography of its resources, let us recover the plan to interconnect the basins, all of them. It is lying in some bureaucratic drawer, but had all the logic on its side. And we should consider water a state policy, solutions for which need to be tackled by everyone together, and define it for a very long period by a state agreement over several

legislatures which includes transfers between basins to compensate those who frequently suffer deficits.

*c) The European Union Water Framework Directive and Hydrological Basin Plans.*

But water is no longer just the subject of internal regulation. We are in the European Union and its directives also concern water. The EU Water Framework Directive (WFD), in effect since 22nd December 2000, was a response to the need to unify actions on water management within the Union and establish homogeneous environmental objectives for bodies of water among the member states and, as its final objective, have all bodies of water in good condition by 2015. (See Graphic 6). Its intention was to “*prevent the deterioration of the bodies of water.*” Furthermore, as will be seen, the WFD is leading to very positive policies, actions and investment in Spain.

However, we must not forget that this WFD is now obsolete. It was passed in 2000 and incorporated into Spanish Law in 2003, 17 and 14 years ago, respectively. It is out of date because the new concepts of blue, green and virtual water or water footprint are not even mentioned. It has been developed in a very positive way, but a new WFD is being asked for. We are being faced with a “change of era” not with an “era of change”.

## **Graph 6.- National and International Basins in the European Union**



Legal implementation of the WFD was carried out through Article 129 of Law 62/2003 modifying the Consolidated Version of the Waters Act, approved by Royal Decree of 2001. Its application is based on member states adopting a series of feasible measures in a participatory, transparent way, as they have to include a summary of these measures (established in “programmes of measures” or PoMs) in their Hydrological Basin Plans (HBP).

The PoMs consist of a series of basic, obligatory measures, including protection of groundwater from pollution and deterioration; environmental quality law in the field of water policy; protection of water from the pollution caused by nitrates from agricultural sources; urban wastewater treatment; industrial emissions; quality of water intended for human consumption; management of bathing water quality; assessment and management of flood risks; a framework for community action in the field of marine environmental policy; a framework for community action to achieve sustainable use of pesticides, etc. In addition, member states are obliged to adopt supplementary measures if they become necessary to achieve environmental goals.

For this purpose, the Consolidated Version of the Waters Act indicates that each hydrographic demarcation must establish a PoM including a summary of the programmes of measures adopted to reach the established goals in (with indication of their cost and the estimated time for their achievement). In this sense, the WDF has gone much further than the Waters Act of 1985, by giving priority to the environment, as R. Llamas<sup>32</sup> points out, through the ecological health of aquatic ecosystems.

According to the calendar established by the WDF, the HBPs (with their corresponding PoMs) had to be approved in 2009, and their first revision was planned for 2015. But in 2012, the Court of Justice of the EU found Spain guilty of not having finished the 2009-2015 Hydrological Plan first cycle on time. The sentence did not carry a economic penalty, but the infractor procedure that led to it is still open.

The result of the assessment of the hydrological plan in Spain for the first 2009-2015 cycle was that over 50% of our waters are in bad condition and the EU Court of Justice<sup>33</sup> considered that its transposition was has been partial or complete with regard to some of Spain's intra-regional basins. Three penalty procedures for non-compliances are now open.

---

32. Llamas Madurga, MR. ‘La DMA y la planificación hidrológica’. CICCyp. Madrid. 2013.

33. Sentence of 24<sup>th</sup> October 2013.

However, the Council of Ministers (cabinet) approved on 8<sup>th</sup> January 2016, sixteen HBPs corresponding to the second planning cycle (2016-2021), though the plans of Catalonia and the Canary Islands are still needed to conclude all the hydrological planning which, according to European regulations, should have been ready before the end of 2015. The delay may cause economic sanctions and loss of European funds at the European commission's discretion.

Thirteen of Spain's twenty-five hydrographic demarcations per correspond to the competencies of the autonomous regions. The other twelve are of state competence. The sixteen hydrological plans referred above correspond to 12 inter-regional basins (West Cantabrian, East Cantabria, Miño-Sil, Duero, Tagus, Guadiana, Guadalquivir, Segura, Júcar, Ebro, Ceuta and Melilla) and for solely regional basins (Galician Coast, Tinto-Odiel-Piedras, Guadalete-Barbate and Andalusian Mediterranean Basins). And at a later cabinet meeting on January 15<sup>th</sup>, the government approved flood management plans for these 25 hydrographic demarcations. Not without protests from lower Ebro environmentalists who are opposed to its communities of irrigation uses because of that plan and the future of the Ebro Delta, and similar protests have been announced about the water from the Tagus-Segura Water Transfer.

It must be said that the two measures are probably the most important ones agreed in this field in recent years, and also entail a future investment of €17,500 million, of which 15,000 will correspond to interregional basins and 2500 to those of autonomous regions. These measures have been very necessary for a long time, and the first should have been approved before 2009, as the EU Water Framework Directive required it for the first hydrological planning cycle corresponding to 2009-2015. Nevertheless, at the end of 2011, no plan had been approved. The delay in approval would have entailed several penalty procedures being begun by the European Commission. It is an extraordinary achievement by the minister, Isabel García Tejerina, to have approved the January 2016 hydrological plans and ended this threat.

In short, a huge effort has been made in recent years, with two planning cycles accelerated in the legislature, to make up the backlog and bring Spain up to date in hydrological planning, and now be able to know the existing needs, available resources and actions to be taken in each case. What is more, if these

plans had not been approved, Spain would then not have been able to access the community funds for this purpose.

This effort has been complemented by modernisation to obtain greater irrigation efficiency, increasing the area of drip irrigation and reducing other kinds, so that 1.6 million ha , is now under drip irrigation, representing 47.2% of total irrigation systems and water savings of 3000 hm<sup>3</sup>/year. In spite of this, investment in hydraulic infrastructure is far from reaching the necessary figures for desirable levels of treatment and irrigation efficiency required by the EU.

It is now evident that Spain needs a great “state water agreement” leading to a national hydrographic basin plan and, based on that, another national irrigation plan. All of them should be span several legislatures, taking these matters which are essential for Spain’s economic and social life out of the political arena.

*d) The European Union Water Framework Directive and urban supply*

More than half the world population now lives in urban areas. And these people on average each consume from 130 to 150 litres, a consumption rate that could be more responsible and lowered to 100 to 110 litres. As the population grows and given that the volume of fresh water in the world is a constant value, it is becoming increasingly necessary to prevent water loss and to be increasingly efficient in water use and distribution, whether for irrigation or the urban environment.

Proof of the fact that our rulers have always been concerned about supplying water to towns and cities can be seen in Spain with the iconic Roman Aqueduct in Segovia. However, more modern evidence of this interest in water and supplying our cities dates back to the 19<sup>th</sup> Century with the establishment, in a very short space of time, of the companies Canal de Isabel II in 1851, to supply Madrid, and Aigües de Barcelona in 1867, to supply Barcelona.

Actually in Spain (INE-2013), the urban public supply networks supplied 4,324 hm<sup>3</sup> of water of which ¾ were metered supplies, i.e. measured by the users’ own meters. The rest is estimated by gauging. 2,218 hm<sup>3</sup> went to households, the economic sectors consumed 695 hm<sup>3</sup> and municipal consumption (watering

gardens, street-cleaning, etc.) stood at 298 hm<sup>3</sup>. 66.4% of these volumes, drawn off by the water companies or public water-supply bodies are surface resources, while 30.1% are groundwater extractions. The rest (3.5%) came from other sources (desalinated water, etc.). Current losses are estimated at 678 hm<sup>3</sup>, i.e. 15.7% of the total water supplied.

Management of this complete water cycle is now commissioned, depending on the cities concerned, to either private or public companies, but whichever they happen to be, the aim is always the same: to guarantee optimum control over the water so consumers can receive suitable volumes and qualities in their homes.

This means that it is necessary to keep the supply networks in a perfect state, with as little unaccounted-for water as possible, an efficient network of collectors, sustainable innovation and ongoing R&D&i development, one must not be complacent. All of this with a view to combining the maximum possible hygiene with maximum urban convenience. It is by no means an easy task, yet we enjoy this every day almost without realising it, which shows how reliable it is.

In our towns and cities these days, the water managers supply drinking water, recover and recycle waste and treat purified and regenerated water with exhaustive quality controls and many wastewater treatment plants, whose numbers must continue to grow, as is already the case. However, the framework of action now comes to us from the European Commission. European legislation is now the real driving force behind State and Regional Planning where water is concerned.

In the urban field, sanitation (collection) and water treatment are the two measures to be developed to protect people's health and the environment, but the main standard that has emerged in this sense was the Directive 91/271/EEC, dated 21<sup>st</sup> May 1991, (subsequently modified by Directive 98/15/CE) concerning urban wastewater treatment, followed by the more extensive Directive 2000/60/EC (Water Framework Directive (WFD)).

As a result, in Europe, and thus in Spain, urban wastewater treatment has been mandatory ever since the publication Directive 91/271/EEC, which establishes as the main principle, to protect the environment from the negative effects of urban wastewater and from the industrial sectors.

Compliance with this Directive means that, since 2005, all the urban settlements with more than 2,000 equivalent inhabitants must be equipped with treatment systems that comply with the discharge limits established therein. All in all, effective treatment in all the major settlements, and additional treatment for discharges in sensitive areas.

This requirement meant a major investment from the Public Authorities at all levels (European, National, Regional and Local) to design, construct and maintain wastewater treatment plants and wastewater regeneration plants. However, a major number of such facilities have yet to be constructed to guarantee the minimum needs required by the Directive.

In fact, according to the latest reports, Spain is currently 19<sup>th</sup> out of the 25 EU countries analysed when it comes to compliance with Directive 91/271. This has resulted in Spain being brought before the European Court of Justice and condemned for not properly dealing with urban wastewater in four urban settlements, while France and the United Kingdom face similar accusations from the European Commission.

As from the adoption of the Water Framework Directive (WFD) in 2000, the European water policy was subjected to a restructuring process. The WFD establishes a community framework for action in the area of water policy to protect inland surface waters, , transition waters, coastal waters and groundwater in order to prevent and reduce pollution, encourage the sustainable use of water, protect the aquatic environment, improve the environment in aquatic ecosystems and alleviate the effects of floods and droughts Except for specific cases, all water must reach a good ecological status through the application of basin hydrological plans.

The most significant contents of the WFD, for the purposes of this subsection, concern controlling discharges in order to remove them immediately or, when in order, to gradually reduce them thereby ensuring that all water resources have a good ecological status by December 2015.

As far as treatment is concerned, Article 10 of the WFD expressly states that the Member States shall ensure that Directive 91/271 is established and/or applied. Regarding sanitation, in spite of there not being express references in

the text, the main contents of the WFD and the framework objectives must be taken into account in any policy associated with water resources and so, must be included when implementing wastewater management.

Thus, in Article 4, which sets out the environmental aims of the WFD, clear associations with sanitation are established, because regarding surface waters, the Member States are required to take the following “*the measures needed to prevent deterioration affecting the status of all surface water masses*”. Furthermore, in the classification of “*protected zones*”, the task of wastewater treatment takes on a basic role. Article 16 also envisages “*Strategies for combating water pollution*”. Hence the importance of wastewater treatment plants.

The WFD establishes legislation that applies to all the Member States, the difficulty being that the starting point is different for each one. At present, and for different reasons and in a variety of aspects considered by the Directive, Spain and other countries do not comply with the WFD, so they must continue to make efforts in this area.

Finally, as far as urban water is concerned, we cannot forget that the distribution networks require major investments to keep them in a good state of repair thereby preventing water loss. When these systems are not properly maintained, water-loss levels can be totally unacceptable. And one must be aware of the fact that on occasions, the required investments are not made because of the low water rate charges. When this is the case, and this happens all too frequently, the water-rate deficit leads to an infrastructure that gradually deteriorates. Spain has one of the lowest water rate charges in Europe.

#### e) *Groundwater and desalination plants*<sup>34</sup>.

There is a tendency to discuss the subject of water, referring nearly exclusively to surface water and forgetting about groundwater and that from desalination, which we mentioned before, when we referred to Professor **Llamas'** expression “*hydroschizophrenia*”. Over 7 km<sup>3</sup> of groundwater is withdrawn today and used

---

34. The term “desalination plant” tends to be used for systems serving a centre of population or region, and “desalinator” for smaller scale, even personal devices.

to irrigate nearly 1 million ha. The investment necessary for its withdrawal is private, and the efficiency of water use is normally very high. For the Water Directive, nearly 1,000 bodies of groundwater have been catalogued, representing approximately something over half. These bodies appear on the website of the Ministry of Agriculture and Fishing, Food and the Environment for the first time.

Desalination, of course, is a new technique which began to be used intensively with the replacement of the 2004 Hydrological Plan by a series of new desalination plants with a total capacity of about 700 Mm<sup>3</sup>/year, all in the Alicante-Murcia-Almería area. It is true that there were already precedents in Spain in the Canary Islands (Lanzarote in 1964), which was logical because of the scarcity of water in the islands and the ease of turning seawater into freshwater. Their use is also frequent in Israel, and there are other precedents in large cities like Boston or London, or geographical areas like Saudi Arabia, Algeria, Morocco, the Arab Emirates, etc.

But this whole process was also propitiated by the new desalination techniques (reverse osmosis) which caused the Zapatero government to launch the AGUA Plan to build 20 large desalination plants. It was soon found that their high production costs due to their high energy consumption meant their prices (€0.50/m<sup>3</sup>, compared with €0.15/m<sup>3</sup>) were not suitable for agriculture, although they are apt for industrial, urban or tourist uses. Their modular nature makes them especially useful for very specific places with very specific consumptions, e.g., to supply very urban and tourist zones, but not agricultural areas, unless the products produced are of very high added value, as is the case of the greenhouse area of Almeria or others in Murcia<sup>35</sup>. The AGUA Plan was not very successful, and drew unfavourable comments from the European Commission, part of its finance having come from the EU<sup>36</sup>. But this was a new policy in Spain, added to that of dams and canals.

---

35. Baltanás, Andrés. "Algunas consideraciones sobre la desalación en España". Revista de Obras Públicas., reproduced by iAgua.

36. Aldaya, Maite and Llamas Madurga, M. Ramón. "Los conflictos del agua en España: ¿tienen sentido hoy?". Seguridad Global. Spring 2012. Choiseul. 2012. Pp. 53-66.

*f) Water, irrigation and climate change in Spain.*

Spain's average annual rainfall is 636 mm/year, its groundwater 29.9 thousand million m<sup>3</sup>/year and surface waters 109.5 thousand million m<sup>3</sup>. Discounting common parts, Spain's total resources are 111.2 thousand million m<sup>3</sup> which, in terms of population, gives 2378 m<sup>3</sup> per capita. Dams store 1146 m<sup>3</sup> per capita, nearly half of the total resources and 1000 bodies of groundwater and 3000 bodies of surface water are catalogued. Total water extraction for agriculture withdrawal is 75%, for industry 5%, 12% for urban use, (excluding tourism) and 4%<sup>37</sup>, tourism, including golf. A very positive and revealing figure is that 100% of the rural and urban populations are catalogued as "having access to healthy drinking water." And as can be seen, it is agriculture that withdraws the greatest amount of the results out of the total, according to And as can be seen, it is agriculture that withdraws the greatest amount out of the total, according to AQUASTAT<sup>38</sup>.

But Spain is not a dry country in terms of its amounts of rainfall and groundwater ("blue water"), but with regard to its willy-nilly distribution. The problem might have been that we had no water, but that is not the case. For a population of something over 44 million inhabitants, the annual run-off of this country gives a provision of some 2503 m<sup>3</sup>/inhabitant/year, a figure that can be compared with the 1003 m<sup>3</sup>, which is the definition of a full development index, including agricultural and industrial needs in them. There is water, including groundwater. Perhaps we have not known how to distribute it. This is a problem of IWRM or water governance.

With regard to the irrigated land area, in Spain this is 3.54 million ha<sup>39</sup>, a figure higher than that of Romania (3.0), Italy (2.8) or France (2.6), although in terms of percentage of cultivated area, Italy reaches 29% and in Spain this is only 16%. Comparisons with Germany, the United Kingdom or France make no sense, as these are very wet countries and Spain is a dry one.

---

37. Data from Martínez Santos et al. 2013, quoted by Llamas, M. Ramón. 2015

38. FAO. AQUASTAT. 2008-2012.

39. The figures on irrigation in Spain are taken from the survey of the Ministry of Agriculture and Fishing, Food and the Environment, 2013

The crops with most hectares of irrigation are cereals (990,000 ha), feed crops (254,000), olive trees (739,000), vines (342,000), citrus fruits (283,000), non-citrus fruits (261,000), market garden vegetables and flowers (202,000), etc. The latter are the ones with the greatest productivity (added value per hectare). And it makes more sense to use irrigation in areas with high levels of sunlight to make the added value greater. Beneath these figures lies the dilemma of water productivity according to crops, and it is clear that in broad terms, 80% of the water consumed produces 20% of the total economic value of irrigation agriculture.

With regard to the efficiency of irrigation systems, the trend in favour of localised irrigation (707,000 ha) needs to be continued to the detriment of gravity irrigation (1004 thousand ha), sprinklers (529,000) or automotive irrigation (1.7 M hectares). It should be pointed out that localised irrigation is most extended in Andalusia, Castile-La Mancha , the Valencia Region and Murcia, and especially in irrigation of olive trees, vines, citrus fruits and other fruits and vegetables, i.e., those with most added value per hectare.

But Spain is one of the EU countries with most area under “water stress.”<sup>40</sup>. Water consumption exceeds 40% of the total available water in 72% of Spain, compared with 26% of the area of Italy, or 1% of that of Germany<sup>41</sup>. This water stress demands greater efficiency in use of the resource, greater provision of reservoirs, more maintenance investment and the elimination of losses in supply networks. However, Spain only invests 11% of its GDP in water infrastructure, whereas France, Italy, Germany or the United Kingdom, which do not suffer either the aridity or stress of Spain, double this proportion with 0.25% of their GDP. At the same time, the work of recent years improving the efficiency of irrigation should be continued.

With regard to climate change forecasts to date, its impact on water is negative: reduction of water resources and increase in the magnitude and frequency of extreme phenomena such as floods and droughts.

---

40. There is said to be water stress when water consumption exceeds 40% of available water.

41. AT Kearney. Contribution of infrastructure to Spain’s economic and social development, and Priority areas for sustained investment in infrastructures in Spain. September 2015.

The White Book of Water In Spain (NIMAM, 2008), said that climate change in the least pessimistic scenario would produce a reduction of 5% in total contributions in natural regime in Spain, the most severe impact being in the south-east of the peninsula, the Guadiana basin, the Ebro Valley and the Spanish islands. This reduction would be accompanied by greater annual, interannual and seasonal variability.

The forecasts<sup>42</sup> of the 2012 CEDEX-MAGRAMA report on this subject can be summed up as follows:

- It is to be expected that in coming years, climate change will intensely affect our water resources because of the alteration to the normal rainfall regime and the temperature rise.
- The generalised reduction in rainfall as the 21st century goes on, will lead to reductions in water availability. And there will also be major droughts, periods of great concentrations of water (this has just been witnessed in December 2016) that, if they are not harnessed by regulatory reservoirs, will be lost. A new programme of regulatory reservoirs is required.
- The set of forecasts for two different emissions scenarios represent average precipitation decreases in Spain of around
- 5%, -9% and -17% in the periods 2011-2040, 2041-2070 and 2071-2100, respectively, in one of the forecast scenarios, and figures with a rainfall reduction of -8% in the other.
- Analysis of maximum daily rainfall, directly related with floods, shows important uncertainties arising from the differences in results between forecasts. And at the same time as a decreasing trend in total annual rainfall is observed, an increase in maximum daily rainfall precipitation in relation to total annual rainfall is noted in a considerable number of regions of Spain.

---

42. CEDEX. Ministry of Agriculture, Food and the Environment. Study of the impacts of climate change on water resources and bodies of water. Final Report. CEDEX. 40-407-1-001. Madrid, December 2012.

- A temperature increase and, therefore, evapotranspiration is forecast at the same time. However, the effect of this increase on the hydrological water cycle is less, being concentrated in summer, when the soil has a lower water content.
- This climate change will have a greater effect on water consumption in single-family dwellings than in multiple family ones. The domestic demand increases estimated for Spain are, on average, 2-3%. However, by the end of the 21st century (2071-2100 period), it will reach approximately 4-6%.
- With regard to the differences between consumption by annual or perennial crops, temperature will be the most influential factor in these changes in net irrigation water needs of annual summer crops, whereas in permanent irrigation crops, changes in total precipitation and its distribution will have a significantly larger influence.
- Finally, a growing reduction in the available resource is foreseeable in the periods 2011-2040 and 2041-2071 70, compared with the control period, but in the 2071-2100 period the available resource will be reduced less than in the previous two in relation to the control period or may even increase slightly compared with the control period.

After this, a question should be asked: Will a new environmental Enlightenment be necessary to take better care of human life on a Planet Earth subject to climate change? I believe so.

### **III.- New paradigms.**

So today, immersed in a global water economy, where it is a decisive factor in the poverty and/or hunger of millions of people, we need to build a new thought pattern. And we should begin from the fact that the world of water has changed since the times of **Adam Smith**, or the first half of the 20th century when the resource was an abundant, free good to another situation where relative scarcity is the norm in the world and Spain. Let us examine these aspects in more depth.

*a) Water as a scarce, global, economic good.*

The first big change is because water has stopped (or stopped some time ago) being a “free good” and become an “economic good,” of great value and increasingly of higher price. It is no longer, together with air, the example of the paradox of value and price which Adam Smith gave in his time. Its scarcity has given it price and this is rising day by day- Its uses compete in a competitive though regulated market, and for it to be used, catchment works, rural or urban transport works, treatment works, and so on are needed.

And there are different sources, surface water, groundwater, treated water, desalinated seawater, etc. from which it can be taken.

The second change factor is that this economic good has changed from a private good to become a “common good,” beyond the concept of public domain good. I would go further, it has come to be considered something “vital”, and yes, there is a “vital water,” in the same way as there is “green,” “blue” or “grey water,” and that vital part that human beings need has come to be considered a “right of humanity.” In the same way as the FAO proclaimed “food as a right of peoples,” some decades ago. It is a good of humanity, a “global good,” the interrelationships of which affect us all. And this lead us to reflect on the global management of that good<sup>43</sup>.

Let’s leave the ins and outs of the “economic good” aside, and discuss a little its nature of “global good” in an economy like today’s. We are already living in a new economy. Many people believe that after the crisis, everything will be the same as before. That is false. The end of the crisis is going to entail such economic changes in national production structures, global trade and international strategic relationships that nothing will be the same again. And in that world game, water has become a determining factor of the new power, the new relationships, and new productive potentialities.

---

43. The famous Mad Max films are symptomatic. The first began with struggles between the few remaining inhabitants of the planet who fought savagely over petrol (1979), whereas in the latest (2015), the life-and-death struggle is over water, with the idea of globalisation, planet warming and the value of water in the leadership of today’s world. Both economic goods or resources are the rarest on the planet, and so iconic here.

b) “Virtual water” and the “water footprint”.

While most water is used for agrofood, it is because we use it to eat, meaning we “eat water,” but we also consume water when we buy a shirt or an automobile. . Let’s look at the method of analysis, which gives us the “water footprint” and “virtual water.” At the end of the 70s, we were calculating the fossil calories needed to generate one biological calorie on the consumer’s plate. Now we do the same with water. So we can say that in every kilogram of food, we ingest an enormous amount of water which was needed to obtain the good placed on the consumer’s plate.

So let’s examine the new ideas that have been dominating this debate for about 15 years. I am referring to the “water footprint,” “virtual water,” and within that “blue water, green water and grey water”. Some simple explanations should clarify these ideas, concepts.

“Virtual water” (**Anthony Allan**, 1993) is a new indicator which shows the amount of water needed for the manufacture to manufacture any agricultural or manufacturing product<sup>44</sup>. So, 15,000 litres of water are needed necessary to produce one kilogram of beef; 6,000 litres to produce one kilogram of chicken; 3,000 litres to produce 1 kg of rice; 2,700 litres to produce one cotton shirt; 2,000 litres to produce 1 kg of paper; etc. And yes, we use about 2,500-4,000 litres in every meal. It seems impossible! But it is the truth.

The “water footprint” (**Arjen Hoekstra- 2002**) is an alternative indicator of use, which is defined as the total amount of fresh water used to produce the goods and services obtained by a company, or consumed by an individual or a community. The intention is to know how much water is consumed in the processes of production, transformation, packaging, marketing, sales, etc. of a good or service. This allows the levels of efficiency between products to be compared by country or origin. And if all the consumptions of a person or country are integrated, it shows the “water footprint” of that country or its inhabit-

---

44. The Botin Foundation began virtual water studies over a decade ago in Spain, which has led to numerous reports and the creation of a Water Observatory. See <http://www.fundacionbotin.org/observatorio-contenidos>

ants. So, for example, the water footprint of China is about 700 m<sup>3</sup> per year per capita, and only about 7% of that comes from outside China. Japan has a total water footprint of 1150 m<sup>3</sup>/inhabitant/year, of which about 65% comes from outside the country. The water footprint of the USA is 2500 m<sup>3</sup>/inhabitant/year. And the water footprint of the Spanish population is 2325 m<sup>3</sup>/inhabitant/year, about a third of that water footprint coming from outside Spain, so we are more dependent on internal than exterior water. (Other new “footprints” which are becoming increasingly used are the “environmental footprint” of humanity, its “carbon footprint,” etc.).

At the same time, if Australia is able to produce 1 tonne of rice with a virtual consumption of 1022 m<sup>3</sup>, while Brazil needs 3082 m<sup>3</sup>, would it not make sense for Brazil to import rice from Australia and use that land for other crops where its m<sup>3</sup>:t ratio is more optimum?

And furthermore, it is not irrelevant to humanity’s water balance or that of Spain if we eat certain things rather than others. We have already seen that livestock raising is heavier on water consumption than crop production, and produces more greenhouse gases. This leads to another debate about the food model, vegetarian or traditional, from the point of view of water economy.

I believe these ideas open up an important controversy: Should we change our food model, which is the result of centuries of agricultural and gastronomic culture, and entirely or partly eliminate animal products in favour of plant products? Should we change our production models? Will the end result be a mixture of the two trends? I cannot provide an answer, only invite reflection, questions and doubts.

Moving on to non-green consumptions associated with industrial and urban services, similar questions can be put. Has urban architecture developed enough to put forward designs of which reuse, lower consumption and recycling are the basis, in the same way that design today takes place taking energy efficiency and use of renewable energies into account? No, that change cannot be seen, and it corresponds to engineering, architecture, technology in general to get these necessary initiatives going.

Because, should we continue to encourage growing or production of this or that good, for which virtual water is a heavy load, when its production is carried out in a country poorly provided with that resource? Would it not be more logical to specialise in products which are low in virtual water and import those the cost of which in terms of the resource is higher?

Furthermore, all these new ideas, blue water, green, virtual, water footprint, etc., only emerged in the final decade of the last century, and even though they constitute a major intellectual revolution, they have not yet filtered down to society, which is not aware of the anthropocentric importance of these new parameters. Will this soon change? Let's hope so.

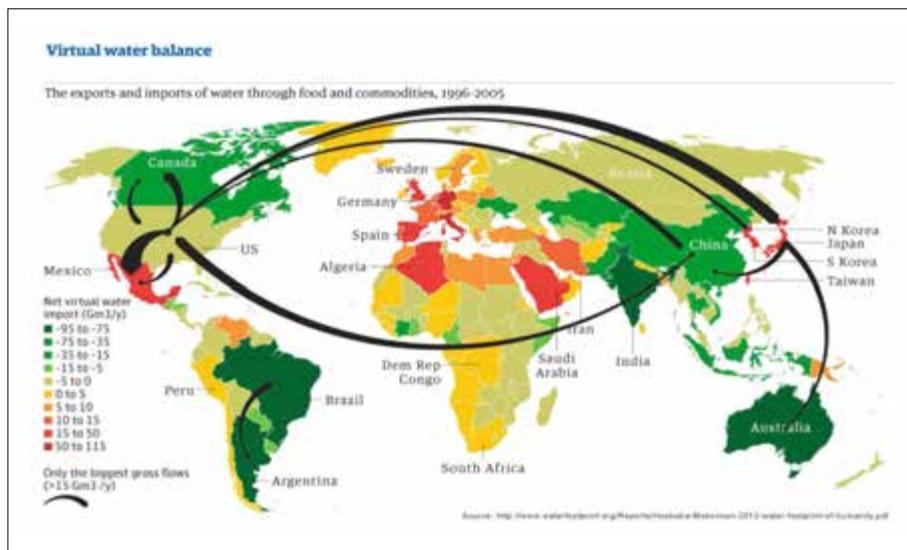
*c) World “water trade.”*

Use of the concepts “virtual water” and . “water footprint” should bring immediate consequences with regard to organisation of production resources in national and world geography. Because this line of thinking leads us to think of the amount of water required and “carried” by every tonne we import or export and therefore in the efficiency of international trade, and how to reduce (here or there, depending on what we produce and export or import), water needs in places where it is scarce or, in contrast, abundant. For example, Spain imports more virtual water every year in agricultural raw materials<sup>45</sup> than what all its economic sectors, including the agricultural sector, consume. Graphic 7 below shows the great import/export currents of virtual water in the world and it explains the size of the question better than text does.

---

45. Urbano López de Meneses. “Consideraciones sobre el agua en España”. Seguridad Global. Spring 2012. Choiseul. 2012. Pp. 17-33

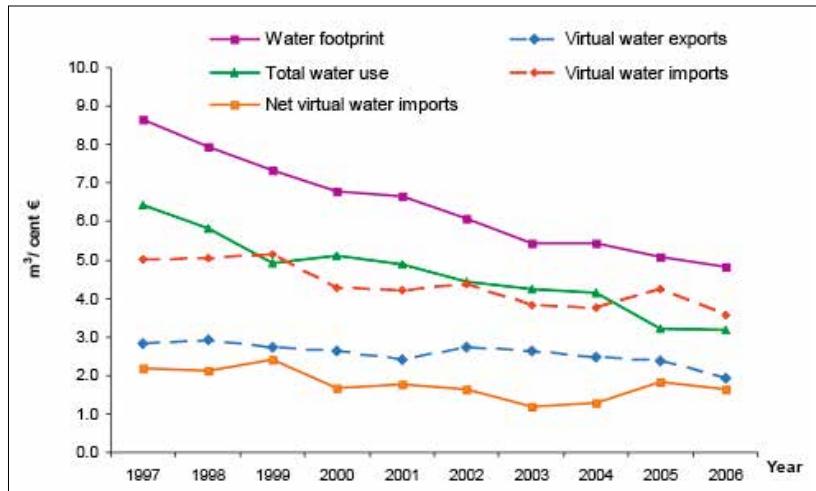
## Graphic 7-World Virtual Water Balance



According to the research of Professors Garrido, Llamas and Varela<sup>46</sup>, Spain is a net importer of virtual water through the 10 M tonnes of grain, soybean, etc. which represent the import of 14,000 million m<sup>3</sup>/year. And this has enabled it to consolidate itself as a livestock exporting power. Spain should sell its tomatoes (200 l/kg) and import its grain (600 l/kg) to and from less arid countries with more water resources than ours. Graphic 8 shows this.

46. Garrido, Alberto; Llamas, Ramón; Ortega, Consuelo. Water Footprint and Virtual Water in Spain. Marcelino Botín Foundation, Springer. 2012

**Graphic 8. Conditioning of Spain's economic growth by water policy**



*Source: Garrido et al.*

This is the kind of logic we need to begin to use to solve to decide what should be produced here or there, where production is more useful, in short, applying the principle of *comparative advantages* which **David Ricardo** formulated back in the 19th century. But this is another world and, as I have said, another economy. Basically, relative scarcities and the cost of such resources will define our new agrofood production models, but not alone. Now, we need to think about where most comparative efficiency is found again, but in efficient use of water. And perhaps this will lead us to break traditionally accepted schemes. But let's be aware that "virtual water trade is already a political option more implicit than explicit."<sup>47</sup>

#### d) The price of water.

If water in Spain is a public domain good of private use, its prices, the prices users pay for the resource is not a minor matter. If we look at the prices of water in Spain, both for urban and irrigation use, we see they are very low

47. Llamas Madurga, MR. 'Los colores del agua, el agua virtual y los conflictos hídricos'. Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales. Madrid. 2005.

compared with those of other countries like ours in the world. And the fact is that these prices derive from the “supply model” arising from the previously described hydraulic infrastructure works policy, originating in the 19th century, but the inertia of which comes down to our time. And they have implicit subsidies.

Furthermore, the Common Agricultural Policy (CAP), with high subsidies for cereals and arable crops, has led much previously irrigable land to those crops in detriment of fruit and vegetables and others (olive trees or vines) where productivity is higher. This is largely the case of what has happened in the Ebro Valley.<sup>48</sup> Furthermore, irrigation with surface water is highly subsidised irrigation because the cost paid by the irrigation users is a very low proportion of its real cost. This is the opposite case to irrigation with groundwater, where the private individual pays all costs.

On the subject of irrigation farming today, it must be said that modernisation of systems to achieve greater efficiency of water use is more important than indiscriminate enlargement of the irrigated area, especially if it is not in higher productivity crops. And let's not forget that the Water Framework Directive recommends that the and beneficiary or user should pay the full cost, including externalities. There are almost no countries that do this, but it is an indication of the direction in which the EU is heading.

All this leads to the need to find a new water price policy which is more rational and efficient than the present one. The price policy should begin by accepting that if those rates, those prices, are almost negligible, the demand will be infinite and the management will have nothing to do with a rational distribution of the resources, so a more realistic water tariff must be implemented. However, when it is being implemented, it will be necessary to find “win-win” solutions for farmers and urban consumers.

A final paradox: is there any sense in the fact that 1l of bottled water costs more than 1l of petrol?

---

48. Arrojo, Pedro. La política de precios en el agua para regadio. University of Saragossa.

*e) Integrated Water Resource Management.*

“Water is polyhedral” Ramón Llamas reminds us at times. And that is because there are many sides to it: geological, biological, economic, environmental, social, ethical, religious, and others. Hence the need for Comprehensive Water Management.

We have now looked at the changes of the last two centuries, with the change of hydraulic infrastructure from goods transport to those for transport of large volumes of water, preferably for irrigation, later reinforced for urban use in areas with a heavy deficit (southern Mediterranean coast) and finally the use of desalination plants for specific cases, following the failure of their use as an irrigation instrument. This has led us to different ways of conceiving that hydraulic policy. And since some decades ago, the new ideas of “virtual water” and “water footprint” are changing ways of thinking in terms of water trade. But that is not all. World conflicts, regional scarcity, geostrategy and new water price policies are beginning to mark new paths. And all of this leads to a new way of considering the “governance of water.” Or, to be more precise, integral water resources management (IWRM).

This is about developing a multidisciplinary, integrated, coordinated, ethical approach, able to look at the same time at social needs, geostrategic needs, political and economic needs as a whole.

*f). Investing in water*

We find one of the most significant details of the importance of water as an economic good indirectly, but in a very real way, in the investments the now famous Michael Burry has been making in the sector. In the very well-known film “The Big Short”, Michael Burry (played by Christian Bale), a singular “hedge fund” manager, discovered in 2005 that the American mortgage market was a house of cards on the edge of collapse, because of the now notorious junk bonds. In the reality shown in the film, Burry carried out a series of financial actions , selling short and so obtaining exceptional financial results. At the end of the film, the protagonists describe what they are doing nowadays, after their financial success taking advantage of the crisis, and Michael Burry answers “water.” In a

recent interview in December, 2015, Burry went into more detail about this, saying, “Basically, I started to look for the way to invest in water about 15 years ago. *What I am sure about is that, for me, food is the way to invest in water. That is to say, the growing of food in water-rich zones and its transport for sale in water-poor zones. This is the least polemical water redistribution method and which, when it comes down to it, can be profitable as well as ensuring that this redistribution is sustainable.*”<sup>49</sup>

So you see, investment in food/agriculture is this great financial speculator’s indirect way of investing in our resource as scarce as water. And, as can be seen, in his logic, we find all the new paradigms of world trade in virtual water and the hydraulic water footprint

#### **IV.- Final Thoughts.**

Water and land are two scarce resources today on the planet, although the former is renewable. Both are necessary for life. And agriculture uses both in higher proportions than any other economic or social sector and both are necessary to produce food. And today there is a lack of food in the world.

If, as **Stiglitz** says, “Inequality destroys economic growth,”<sup>50</sup> fairer distribution of the resource in the world must be achieved if we want to eliminate hunger and underdevelopment. And this, when the world’s population is growing and could reach (it is not certain) 9,000 million inhabitants by 2050.

The scarcity of land suitable for cultivation cannot be changed without resorting to deforestation, which environmentally would be another planetary suicide. There are environmental limits to more intensive use of fertilisers that must be respected. The same can be said for other agricultural technologies, including some biotechnologies. One of the main adjustment variables is irrigation. With

---

49. <http://www.pandaagriculturefund.com/>

50. Stiglitz, Joseph. El Precio de la Desigualdad. Real Academia de Ciencias Económicas y Financieras. Entry speech as a Correspondent Academic for the US. Reply by Dr. Jaime Gil Aluja. President of the RACEF. Barcelona. 2012.

all the necessary environmental limitations and precautions, of course. And only irrigation which is highly efficient in water use and with a use compatible with climate change. We have no alternative. This is the only solution left.

And with regard to water, there should be in-depth reflection about the enormous additional water demands the planet requires to produce the extra necessary food, so that humanity can once and for all leave behind its malnourishment problems.

Years ago, I said, “Spanish agriculture will be irrigation agriculture or will not be.” And, little by little, the forecast is coming about, seeing the proportion that production obtained under irrigation represents out of the total and the proportion of its contribution to the Spanish agricultural trade balance. Nevertheless, it must be added that something must be done so that the joint effect of the CAPD subsidies, combined with low water prices/tariffs for surface waters does not keep moving irrigated land towards low productivity crops and high inefficiency of irrigation.

And with regard to the problem looked at from a world and Spanish point of view, I think that adequate water governance requires the following principles:

- 1) Water today is an economic, fragile, vital, renewable, public domain good of a global nature. But water consumption has grown geometrically with the diet change in the large emerging countries, as has been said, And that growing diet demands more irrigation, which is the main water consumer in the world.
- 2) States in their role as managers of water, a common good, it should guarantee their citizens water of the amount and quality they require. And if both principles were accepted, the “right to water” would be a new paradigm to define a new water policy.
- 3) Irrigation will continue to be a necessity, not only in Spain but globally, and will be the top water consumer in the world. If the problem of food losses along the chain of value is not solved, there will not be food

for the future world population and, then, it will be necessary to increase yields with a lower cultivated area than today. . This is only enabled by irrigation and the new biotechnologies, which, in turn, must be increasingly efficient. Their modernisation in terms of less use of the resource and maximum energy efficiency should be a priority.

- 4) The question of which products should be grown in each country for export or have to be imported, it should be examined from the point of view of “virtual water” and “water footprint.” These new ideas represent an “intellectual revolution.” This means finding the interior products which have the lowest possible “virtual water” roles in crops and livestock, and changes in diet towards lower consumption. And, in complement, agriculture should move towards a *“climatically intelligent agriculture.”*
- 5) Droughts, often forgotten, have reappeared, as Alejandro Casona’s Lady of the Dawn (Death) always reappears worldwide and in Spain, because of climate change. And these oscillations in rainfall may be accentuated in the future. In Spain, 2015 was the driest for decades and all the 2016 harvests are suffering, but that drought is not the cause of the problem. The cause is, or will be, not having provided solutions before it came. And that is another reality politicians must understand.
- 6) Spain, as we have said before, is an arid country, but it is not a dry country in terms of the abundance of rain, but rather it is with regard to its distribution. The problem might have been that we had no water, but that is not the case. There is enough “blue water.” Perhaps we have not known how to distribute it. We must do so.
- 7) Having accepted the foregoing, it is necessary to think of how to organise use of this resource – surface and groundwater, the two together, in integrated fashion – over which there is increasingly a nearly unlimited demand. It is absurd and less than rational that, while the world is globalising, for management of a scarce, global good, we have moved towards centrifugation of competencies. This should be reflected on from the perspective of the principle of basin unity.

- 8) Is it possible and desirable to conceive a system through which the basins with surpluses – North, Duero, Tagus and Ebro – were connected with the first tee basins – East Pyrenees, Júcar, Segura, Guadalquivir and South? How about the connection between Duero and Tagus and between Tagus and Guadiana? Is this impossible today because of the “autonomy” of regions? It deserves serious reflection. A reflection which should be connected with the role of world trade in “virtual water.”
- 9) For the foregoing purposes, a state water agreement should be reached, which leaves regional political questions to one side and focuses on the needs of all citizens.
- 10) The scientific community should provide its intelligence and know-how to lay the indubitable foundations on which this consensus could be built, if possible, by approving, among other things, their communication system and the dissemination of ideas, progress and projects.

The foregoing reasoning lead us to think that a new way of analysing productive potential and our foreign trade is coming into being. And in this process, sustainable consumption and production should be argued for. And perhaps present consumption and production are not sustainable. And in this process, water will be, for the first time, the pin holding the various fan sticks together, without which there is no fan.

But I am sure we will cope successfully with this combined, global challenge of hunger, water and sustainability. Because, as Hegel said, “*When man calls technique, technique always appears.*” These new technologies of water, its efficient use and less resource-consuming production are those now called to appear.

## **Bibliography.**

- A. T. Kearney. Contribución de las infraestructuras al desarrollo económico y social de España. September 2015.
- A. T. Kearney. Áreas prioritarias para una inversión sostenida en infraestructuras en España. September 2015.
- Allan, A. “Virtual Water - the Water, Food, and Trade Nexus Useful Concept or Misleading Metaphor?”. Water Interactive. Vol. 28. Nº 1, pp. 4-11.
- AQUASTAT. FAO. 2015.
- Benet Goitia, Juan. Si yo fuera Presidente. Ed. Col. Ingenieros de Caminos. 2009.
- Borlaug, Borlaug E. and Christopher Dowswell. “El agua y la agricultura: una visión sobre la investigación y el desarrollo en el siglo XXI.” Madrid.1999.
- Brown, L; McGrath, B: Stokes, B. 22 dimensiones de los problemas de población. Worldwatch Paper 5. Washington DC. Worldwatch Institute. 1976.
- Brown, Lester. (<http://blogs.periodistadigital.com/dinero.php?cat=6044>)
- CEDEX. Ministry of Agriculture, Food and the Environment. Study of the impacts of climate change on water resources and bodies of water. Final Report. CEDEX. 40-407-1-001. Madrid, December 2012.
- De Castro. Paolo. Comida: el desafío global. Eumedia. 2015.
- Escartín, Carlos. Confederaciones Hidrográficas: ¿un modelo para el mundo discutido en España?. Lecture at the Course on Water Policy and Agrarian Policy. La Granda. 2012.
- Fernández-Jáuregui, Carlos A. “El agua como Fuente de conflictos: repaso de los focos de conflicto del mundo”. CIBOV Foundation. Afers Internacionales. Nº 45-46. Pp. 179-194.
- Francis I, His Holiness the Pope. Laudato Sí. Encyclical. The Vatican May 2015

- Garrido, Alberto, Llamas, M. Ramón. Water Policy in Spain. CRC Press. Balkema Books. 2010.
- Garrido, Alberto y Custodio, Emilio. La gestión estratégica del agua. Seguridad Global. Nº 03. Choiseul. Spring 2012. Madrid.
- Garrido, Alberto and Llamas, M. Ramón. Water Policy in Spain. CRC Press. 2009
- González Reglero, Juan José; Espinosa Romero, Jesús. “La creación del Canal de Isabel II. Revista de Obras Públicas. 2001. 148. Pp. 59-62
- Hoekstra, A. Y ; Hung, P.Q. (2002). “Virtual Water Trade: A quantification of virtual Water Flows between nations in relation to international crop trade.” Value of Water Research Report Series. Nº 11. UNESCO-IHE Delft. Netherlands.
- Jovellanos, Melchor Gaspar. Informe sobre la ley agraria. Civitas. Instituto de Estudios Políticos. Madrid. 1955.
- Lamo de Espinosa, Jaime. Joaquín Costa. Agricultura, agronomía y política hidráulica. Eumedia. 2012.
- Lamo de Espinosa, Jaime. “El regadío español en un mundo globalizado”. 2nd National Symposium on Spanish Irrigation. Editorial Agrícola Española. Madrid. 2001. Pp. 23 to 38.
- Lamo de Espinosa, Jaime. Lecture “Unas leves reflexiones sobre el agua”. AFRE. Hotel Wellington-5/03/2009.
- Lamo de Espinosa, Jaime. Lecture “El regadío en el mundo”. AFRE. Saragossa. 18/6/2008.
- Lamo de Espinosa, Jaime.- “El regadío español en un mundo globalizado”. 2nd National Symposium on Spanish Irrigation. CEDEX. Madrid. 2000. Inaugural lecture, pp. 23-38. Ed.2001.
- Lamo de Espinosa, Jaime. Conference “El gran debate del agua”. Canal de Isabel II Foundation 27/10/2009.

- López Bellido, Luis. Agricultura, cambio climático y secuestro de carbono. Ed. Luis López Bellido. 2015.
- Llamas Madurga, MR. 'Los colores del agua, el agua virtual y los conflictos hídricos'. Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales. Madrid. 2005
- Llamas Madurga, MR. 'La DMA y la planificación hidrológica'. CICCyP.
- Ministry of the Environment. Precios y costes de los servicios de agua en España. Madrid. 2007.
- Rivero Corredera, Juan. Los cambios técnicos del cultivo del cereal en España (1800-1930). MAGRAMA. Madrid. 2013.
- Steve Lonergan. Watershed: The Rule of Freshwater in the Israeli-Palestinian Conflict. IDRC Books. 1994.





