





# Índice

## PRESENTACIÓN

|   |   |
|---|---|
| Elena Espinosa Mangana<br>Ministra de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino ..... | 9 |
|---|---|

## PRÓLOGO

|   |    |
|---|----|
| Roque Gistau Gistau<br>Presidente de Expoagua Zaragoza 2008 ..... | 11 |
|---|----|

## INTRODUCCIÓN

|                                  |    |
|----------------------------------|----|
| Las diez Semanas Temáticas ..... | 15 |
|----------------------------------|----|

## COORDINADORES

|   |    |
|---|----|
| Coordinadores de las Semanas Temáticas<br>de Tribuna del Agua ..... | 19 |
|---|----|

## **AGUA Y TIERRA**

### Planificación territorial, forestación

---

|                             |    |
|-----------------------------|----|
| Documento de síntesis ..... | 25 |
| Conclusiones .....          | 76 |
| Resúmenes .....             | 79 |

## **AGUA Y CIUDAD**

### Pautas de los gobiernos locales para la sostenibilidad

---

|                             |     |
|-----------------------------|-----|
| Documento de síntesis ..... | 95  |
| Conclusiones .....          | 100 |
| Resúmenes .....             | 106 |

## **AGUA PARA LA VIDA**

### Salud

### Calidad del agua

---

|                             |     |
|-----------------------------|-----|
| Documento de síntesis ..... | 137 |
| Conclusiones .....          | 144 |
| Resúmenes .....             | 145 |

## AGUA PARA LA VIDA

### Ríos y sostenibilidad

|                             |     |
|-----------------------------|-----|
| Documento de síntesis ..... | 163 |
| Conclusiones .....          | 171 |
| Resúmenes .....             | 173 |

## AGUA RECURSO ÚNICO

Aguas compartidas: gobernanza y gobernabilidad

Geopolítica del agua

Cuencas y acuíferos: planificación y gestión

|                             |     |
|-----------------------------|-----|
| Documento de síntesis ..... | 181 |
| Conclusiones .....          | 186 |
| Resúmenes .....             | 193 |

## SERVICIOS DE ABASTECIMIENTO Y SANEAMIENTO

Marco regulador e institucional

Sociedad y nivel de servicio

Eficiencia, gestión y desarrollo

|                             |     |
|-----------------------------|-----|
| Documento de síntesis ..... | 227 |
| Conclusiones .....          | 236 |
| Resúmenes .....             | 237 |

## **CAMBIO CLIMÁTICO Y FENÓMENOS EXTREMOS**

Hacia un mundo de incertidumbre y escasez de agua

|                             |     |
|-----------------------------|-----|
| Documento de síntesis ..... | 267 |
| Resúmenes .....             | 273 |
| Conclusiones .....          | 291 |

## **ECONOMÍA Y FINANZAS DEL AGUA**

Mercados de agua en la gestión integrada del agua  
Soluciones financieras para países emergentes

|                             |     |
|-----------------------------|-----|
| Documento de síntesis ..... | 305 |
| Conclusiones .....          | 329 |
| Resúmenes .....             | 347 |

## **AGUA Y SOCIEDAD**

Educación, Comunicación y Cultura  
Taller por una paz hidráulica universal

|   |     |
|---|-----|
| Documento de síntesis .....                   | 387 |
| Conclusiones .....                            | 388 |
| Resúmenes .....                               | 391 |
| Taller por una paz hidráulica universal ..... | 409 |

## **AGUA ENERGÍA Y SOSTENIBILIDAD**

Agua para la energía y energía para el agua  
Fuentes energéticas no convencionales

---

|                             |     |
|-----------------------------|-----|
| Documento de síntesis ..... | 421 |
| Conclusiones .....          | 439 |
| Resúmenes .....             | 441 |

## **NUEVAS FUENTES DE AGUA**

Reutilización y Desalación

---

|                             |     |
|-----------------------------|-----|
| Documento de síntesis ..... | 461 |
| Conclusiones .....          | 467 |
| Resúmenes .....             | 475 |

## **LA CARTA DE ZARAGOZA 2008: FRUTO DE LOS NUEVE INSTRUMENTOS DE LA TRIBUNA DEL AGUA**

---

|                              |     |
|------------------------------|-----|
| Carta de Zaragoza 2008 ..... | 493 |
|------------------------------|-----|

## **CRÉDITOS**

|                |     |
|----------------|-----|
| Créditos ..... | 498 |
|----------------|-----|



## PRESENTACIÓN

España ha conseguido consolidarse desde hace años en una posición de liderazgo mundial en torno a la gestión de los recursos hídricos y el desarrollo sostenible. La Exposición Internacional de Zaragoza 2008, en la que el Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino de España se implicó muy activamente, supuso una importante muestra de ello.

La temática de esta exposición, “Agua y Desarrollo Sostenible” supone para nuestro país un verdadero reto de futuro para el cual estamos trabajando e invirtiendo todo nuestro esfuerzo. El desarrollo sostenible constituye un proceso global e integral, en el cual el agua juega un papel clave. Consideramos que para llevar a cabo el desarrollo de un país o región, es importante disponer de políticas e instituciones que trabajen en la gestión integrada del agua, y que lo hagan con una perspectiva ecológica, social, económica y de futuro. Sin una apropiada administración y gestión de los recursos hídricos, tanto en calidad como en cantidad y una estrecha colaboración entre administraciones del agua y medioambientales, no se logrará armonizar la gestión con unas demandas sostenibles, proteger el medio ambiente, y por tanto alcanzar un desarrollo sostenible.

Entre las múltiples actividades científico-técnicas de este gran evento que ha supuesto la ExpoZaragoza celebrada del 14 de junio al 14 de septiembre de 2008, se ha contado con encuentros entre especialistas y eventos de divulgación dirigidos al gran público desarrolladas en el seno de la Tribuna del Agua. Destacan en concreto, las diez Semanas Temáticas, cuyos principales resultados se presentan en el documento que tengo el honor de prologar. En las actividades desarrolladas participaron expertos y público proveniente de muchos países del mundo que han llevado consigo experiencias e iniciativas que contribuirán a la mejora de la gestión de los recursos hídricos en el planeta.

El contenido de las Semanas Temáticas de Tribuna del Agua de Expo Zaragoza 2008 recogen, desde diferentes aunque siempre innovadores puntos de vista, planteamientos y desafíos en los que

España tiene mucho que decir; a modo de ejemplo citaré algunas: la desalinización, la reutilización de las aguas y el aprovechamiento racional de nuevas fuentes de agua; la modernización del riego con mejores productividades por unidad de volumen de agua y la participación activa de diferentes sectores en la toma de decisiones; la mejora de la salud pública a través de servicios modernos de agua potable y saneamiento con una gestión integral y eficiente de estos recursos; la gestión coordinada de las aguas en el ámbito de la cuenca hidrográfica; la economía y las finanzas del agua bajo esquemas modernos y sostenibles; los esfuerzos que se desarrollan para afrontar el cambio climático o el aprovechamiento de fuentes de energía renovables y sostenibles con esfuerzos y resultados relevantes que son ejemplo en el ámbito internacional.

El conjunto de ponencias, los documentos de emplazamiento así como las conclusiones de cada una de las Semanas Temáticas merecen ser tenidos en cuenta ya que representan opiniones de distintas partes interesadas ligadas al sector del agua. El debate siempre es enriquecedor, y cuando se trata de asuntos cruciales en materia de recursos hídricos, involucrando a expertos de renombre internacional como sucedió en Zaragoza, el interés es todavía mayor.

Finalmente, cabe destacar la elaboración de la Carta de Zaragoza 2008. Un documento que sintetiza las principales conclusiones de los aspectos tratados en las Semanas Temáticas y que refleja una serie de anhelos para una mejor y más justa gestión del agua en el mundo. Un texto del cual, como señaló el Presidente del Gobierno José Luis Rodríguez Zapatero durante la Ceremonia de Clausura de Expo Zaragoza 2008, “hacemos nuestras esas recomendaciones y las llevaremos a la práctica en el desarrollo de iniciativas medioambientales y en nuestra actividad de cooperación internacional”.

Espero que sea de su interés el contenido de la presente publicación, donde se promueve el uso racional de los recursos hídricos, contribuyendo con ello a lograr un desarrollo sostenible.

**Elena Espinosa Mangana**

Ministra de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino



## PRÓLOGO

La Exposición Internacional Zaragoza 2008 versó en torno al tema 'Agua y Desarrollo Sostenible', siendo la primera exposición temática de la historia. Se desarrolló sobre tres vectores que plantearon los contenidos: arquitectura y urbanismo –construyendo un recinto bajo criterios de eficiencia y sostenibilidad ambiental–, expografías –informando y educando a los visitantes de forma plástica y clara sobre problemas y soluciones acerca del tema general– y espectáculos –desarrollando un ambicioso plan que congregó representaciones modernas, llamativas y de excelente calidad artística de todo el mundo–.

El soporte técnico científico de la Exposición fue la Tribuna del Agua, que se concibió como el instrumento intelectual que posibilitó el debate, intercambio de experiencias y opiniones, y propuesta de soluciones en materia de gestión del agua y desarrollo sostenible. Soluciones concretas y prácticas frente al diagnóstico fue el objetivo básico que dirigió las actividades de la Tribuna.

Este proceso tuvo como resultado el encuentro del conocimiento, el aprendizaje y las respuestas a los desafíos y problemas que en la actualidad presenta la gestión de los recursos hídricos. Plantear, proponer, debatir y consensuar soluciones, lecciones aprendidas, experiencias replicables y recomendaciones concretas fueron los procesos que aportaron los conocimientos precisos en relación con la gestión del agua desde la óptica de la sostenibilidad. El pabellón de Tribuna del Agua, así como diversos foros en Zaragoza y Huesca, acogieron estas actividades durante los 93 días que duró la Exposición Internacional.

Se celebraron más de 320 sesiones temáticas, con 3.200 participantes provenientes de 111 países, agencias multilaterales –Unión Europea, ONU, Ban-

co Mundial–, organizaciones intergubernamentales y no gubernamentales, y representantes de distintos ámbitos de actividad. Al recinto expositivo acudieron políticos, diplomáticos, empresarios, científicos, tecnólogos, gestores, economistas, investigadores, legisladores, filósofos, escritores, periodistas, artistas y público en general: una participación amplia y plural de todos los actores del agua. De esta manera, se convirtió en el más amplio y prolongado evento internacional con el agua como tema central de discusión.

La actividad de la Tribuna del Agua se basó en nueve instrumentos, entre los que destaca la celebración de las Semanas Temáticas: organizadas como foros especializados de encuentro de expertos en diez grandes bloques temáticos, constituyeron la herramienta principal que nutrió el contenido de la Carta de Zaragoza 2008.

El documento que el lector tiene entre las manos constituye una síntesis de los resultados de las Semanas Temáticas, donde los coordinadores de estas jornadas, especialistas de reconocido prestigio internacional en sus respectivos ámbitos de actividad, resumen las principales conclusiones y propuestas.

Este título forma parte de la 'Caja Azul': se trata de uno de los mejores legados de la Exposición Internacional, que reúne lo acaecido durante los 93 días de sesiones en un formato de libre consulta de más de 500 documentos científico-técnicos, 500 presentaciones, 400 boletines y noticias, más de 500 vídeos y 3.500 fotografías. Este compendio se convertirá en un referente ineludible para estudiosos, técnicos, representantes públicos y ciudadanos en general interesados en la materia.

He de apuntar que en mis más de 30 años de trayectoria profesional nunca encontré un evento en

el que hubiera la concentración de masa intelectual reflexionando y proponiendo ideas novedosas sobre esta materia. Las cifras son espectaculares: 422 conferenciantes en las Semanas Temáticas, procedentes de 148 países y 329 entidades públicas y privadas; entre los 3.000 participantes como público se encontraban expertos del agua, técnicos y gestores de los países participantes en la muestra internacional, periodistas, estudiantes y ciudadanos. El grado de satisfacción de los participantes y su destacada repercusión mediática avalan el éxito de la actividad.

La Tribuna del Agua añadió valor, perspectiva y profundidad a la Exposición Internacional y contribuye a fortalecer la posición de España como referente mundial destacado en materia de agua y de-

sarrollo sostenible. Los resultados son un conjunto de propuestas y soluciones comprometidas con el planeta, el agua y el medioambiente. Todo ello liderado por un equipo que realizó un gran esfuerzo con resultados valiosos. Vaya desde aquí mi enhorabuena por el trabajo realizado.

Deseo aprovechar para expresar mi especial agradecimiento a las instituciones públicas españolas, a la Oficina Internacional de Exposiciones y a las empresas patrocinadoras, cuyo generoso apoyo hizo posible realizar este ambicioso proyecto.

Un uso más eficiente y sostenible del agua, una sociedad más justa, en definitiva, un planeta mejor, bien merece el esfuerzo realizado.

**Roque Gistau Gistau**  
Presidente de Expoagua Zaragoza 2008





# Introducción

## LAS DIEZ SEMANAS TEMÁTICAS

Tribuna del Agua se concibió como el instrumento intelectual de la Exposición Internacional de Zaragoza 2008. La Tribuna del Agua ha posibilitado el encuentro de expertos, el intercambio de experiencias y propuestas, el diálogo y debate, así como el consenso en materia de los temas más relevantes sobre gestión del agua y desarrollo sostenible.

La Tribuna del Agua logró la participación amplia y plural de diversos actores del agua: políticos, diplomáticos, empresarios, científicos, tecnólogos, gestores, economistas, investigadores, legisladores, filósofos, escritores, periodistas, comunicadores, artistas, académicos, estudiantes y legos.

Soluciones concretas y prácticas frente al diagnóstico. Éste ha sido el leitmotiv que ha presidido cualquier tarea de la Tribuna del Agua a lo largo de su actividad. Alumbrar y reunir propuestas prácticas a los desafíos principales en materia de agua y desarrollo sostenible ha sido la razón de ser de este innovador foro de discusión que ha supuesto dicha Tribuna en el marco de la celebración de la Exposición Internacional Zaragoza 2008.

Este singular proceso ha tenido como resultado el encuentro del conocimiento, su difusión entre grupos plurales y por tanto ha contribuido al aprendizaje, y propuesto respuestas a algunos de los más relevantes desafíos y problemas que presenta la gestión de los recursos hídricos y el desarrollo sostenible en la actualidad. Plantear, proponer, debatir y consensuar soluciones, lecciones aprendidas, experiencias replicables y recomendaciones concretas, han sido los procesos que han aporta-

do el conocimiento y experiencias necesarios para impulsar el cambio de paradigma en la gestión de los recursos hídricos desde la sostenibilidad.

A partir del 14 de junio y hasta el 14 de septiembre de 2008 la Tribuna del Agua desarrolló su actividad compartida entre su propio Pabellón ubicado en el seno de la Expo 2008 y diversos foros en Zaragoza y Huesca. Con sus 93 días de sesiones, hablando de agua y desarrollo sostenible, la Tribuna ha sido el más amplio y prolongado evento internacional con el agua como tema central.

Más de 320 sesiones temáticas, con alrededor de 3200 participantes provenientes de 111 países, agencias multilaterales como ONU, Banco Mundial, Unión Europea, organizaciones intergubernamentales y no gubernamentales, y representantes de distintos campos, sectores y países pasaron por el anfiteatro del Pabellón de Tribuna del Agua.

Como plataforma esencial e instrumento de trabajo, la Tribuna del Agua de Expo Zaragoza 2008 organizó las Semanas Temáticas como foros especializados de encuentro de expertos en los temas más relevantes en materia de agua y desarrollo sostenible y estudiantes universitarios. Todos ellos cumplieron con el objetivo de encontrar soluciones a los diversos desafíos en torno al agua y su desarrollo sostenible, alumbrar propuestas de nuevas políticas de gestión de dicho recurso, y poniendo en valor las buenas prácticas y experiencias replicables que contribuyan a cambiar el actual paradigma en esa materia.

Organizadas en 10 grandes bloques temáticos, las Semanas Temáticas constituyeron el instrumento principal de la Tribuna del Agua que

nutrió el cuerpo de la Carta de Zaragoza 2008 y su legado focalizado en la denominada Caja Azul.

En el desarrollo de las 10 Semanas Temáticas, se contó con un nutrido y amplio grupo de 422 conferenciantes y un público participante con la destacada presencia de más de 3.000 expertos. Los conferenciantes y el público experto procedieron de 54 países y de 253 entidades públicas y privadas.

Para llevarlas a cabo, se desarrollaron más de 120 sesiones especializadas con base en los temas más importantes en materia de agua y desarrollo sostenible.

Los diez temas abordados durante la celebración de las Semanas Temáticas se presentan a continuación. Igualmente aparecen los ejes temáticos en los cuales se apoyó el desarrollo de los trabajos:

|           | DENOMINACIÓN DE LA SEMANA TEMÁTICA                            | EJES TEMÁTICOS   | FECHAS                                 |
|-----------|---|--|--|
| <b>1</b>  | <b>Agua y Tierra</b>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Gestión Territorial</li> <li>• Forestación</li> <li>• Agricultura de Regadío</li> </ul>   | Del 16 Junio al 20 Junio 2008          |
| <b>2</b>  | <b>Agua y Ciudad</b>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Gobiernos Locales y Gobernanza</li> <li>• Desarrollo de Entornos Urbanos</li> </ul>   | Del 25 Junio al 28 Junio de 2008       |
| <b>3</b>  | <b>Agua para la Vida</b>                                      | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Salud</li> <li>• Calidad del Agua</li> <li>• Ríos y Sostenibilidad</li> </ul>   | Del 30 Junio al 3 Julio 2008           |
| <b>4</b>  | <b>Agua, Recurso Único</b>                                    | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Aguas Compartidas: Gobernanza y Gobernabilidad</li> <li>• Geopolítica del Agua</li> <li>• Cuencas y Acuíferos: Planificación y Gestión</li> </ul> | Del 7 Julio al 10 Julio 2008           |
| <b>5</b>  | <b>Servicios de Abastecimiento y Saneamiento</b>              | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Marco Regulador e Institucional</li> <li>• Sociedad y Nivel de Servicios</li> <li>• Eficiencia, Gestión y Desarrollo</li> </ul>                   | Del 15 Julio al 18 Julio 2008          |
| <b>6</b>  | <b>Cambio Climático y Fenómenos Extremos</b>                  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Cambio Climático</li> <li>• Fenómenos Extremos</li> </ul>   | Del 21 Julio al 23 Julio 2008          |
| <b>7</b>  | <b>Economía y Finanzas del Agua</b>                           | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Mercados de Agua</li> <li>• Soluciones Financieras para Países Emergentes</li> </ul>  | Del 28 Julio al 1 Agosto 2008          |
| <b>8</b>  | <b>Agua y Sociedad</b>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Educación</li> <li>• Comunicación</li> <li>• Cultura</li> </ul>   | Del 4 Agosto al 6 Agosto 2008          |
| <b>9</b>  | <b>Agua y Energía</b>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Agua para la Energía y Energía para el Agua</li> <li>• Fuentes Energéticas no Convencionales</li> </ul>   | Del 1 Septiembre al 3 Septiembre 2008  |
| <b>10</b> | <b>Nuevas Fuentes de Agua: Reutilización y Desalinización</b> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Reutilización</li> <li>• Desalinización</li> </ul>  | Del 8 Septiembre al 10 Septiembre 2008 |

A continuación se presentan las principales cifras que se derivaron del ejercicio de las Semanas Temáticas.

## INFORMACIÓN FUNDAMENTAL RELATIVA A CONFERENCIANTES Y PÚBLICO EXPERTO EN LAS SEMANAS TEMÁTICAS

| Semana Temática                                    | Conferenciantes | Entidades | Países de procedencia | Público experto participante |
|--|-----------------|-----------|-----------------------|------------------------------|
| Agua y Tierra                                      | 76              | 59        | 30                    | 660                          |
| Agua y Ciudad                                      | 40              | 38        | 18                    | 220                          |
| Agua para la Vida                                  | 34              | 31        | 19                    | 305                          |
| Agua, Recurso Único                                | 38              | 28        | 17                    | 240                          |
| Servicios de Abastecimiento y Saneamiento          | 44              | 38        | 19                    | 310                          |
| Cambio Climático y Fenómenos Extremos              | 27              | 19        | 8                     | 205                          |
| Economía y Finanzas del Agua                       | 49              | 38        | 11                    | 287                          |
| Agua y Sociedad                                    | 58              | 42        | 10                    | 289                          |
| Agua y Energía                                     | 33              | 23        | 10                    | 250                          |
| Nuevas Fuentes de Agua: Reutilización y Desalación | 23              | 13        | 6                     | 245                          |
| <b>TOTAL</b>                                       | <b>422</b>      |           |                       | <b>3.011</b>                 |

En múltiples casos, el formato de presentación consistió en conferencias y mesas redondas con amplia y valiosa participación del público experto, con la premisa de encontrar propuestas concretas para resolver los desafíos más relevantes en la materia seleccionada para realizar la sesión. En cada sesión se contó con un moderador y con un grupo de relatores que realizaron la minuta pormenorizada de la sesión, fundamental para apoyar la elaboración de conclusiones por parte del coordinador y su comité científico.

En otras ocasiones, el formato se basó en un grupo de charlas acompañadas por debate, encuentro de consensos y propuestas concretas, igualmente contando con un moderador y relatores.

Los resultados obtenidos en ambos procesos fueron fructíferos, plurales y han quedado plasmados en la Carta de Zaragoza 2008 y en la Caja Azul.



# COORDINADORES DE LAS SEMANAS TEMÁTICAS DE TRIBUNA DEL AGUA DE EXPO ZARAGOZA 2008

| SEMANA TEMÁTICA   | COORDINACIÓN  |
|---|---|
| AGUA Y TIERRA   | Ramón Vallejo   |
| AGUA Y CIUDAD   | Javier Celma  |
| AGUA PARA LA VIDA   | Antonio Sarriá<br>Marta González del Tánago   |
| AGUA, RECURSO ÚNICO                                       | Raymundo Garrido  |
| SERVICIOS DE ABASTECIMIENTO<br>Y SANEAMIENTO              | Francisco Cubillo   |
| CAMBIO CLIMÁTICO<br>Y FENÓMENOS EXTREMOS                  | José Manuel Moreno  |
| ECONOMÍA Y FINANZAS DEL AGUA                              | Josefina Maestu   |
| AGUA Y SOCIEDAD   | Luis Guijarro<br>Víctor Viñuales<br>Germán Bastida<br>Mario Gaviria<br>Artemio Baigorri |
| AGUA Y ENERGÍA  | Gonzalo Sáenz de Miera  |
| NUEVAS FUENTES DE AGUA:<br>REUTILIZACIÓN Y DESALINIZACIÓN | Ángel Cajigas   |





Los capítulos que a continuación se presentan han sido elaborados por los Coordinadores de cada una de las Semanas Temáticas, con el apoyo de su equipo o comité científico que integraron para esos propósitos. En consecuencia, los textos que a continuación se presentan son copia fiel y completa sin haber mediado enmienda o adición ulterior en relación con aquellos preparados en cada caso por los Coordinadores y quienes les auxiliaron.



Semana Temática 1

# AGUA Y TIERRA

[ Planificación Territorial, Forestación ]



# Documento de síntesis<sup>1</sup>

Coordinador: **V. Ramón Vallejo**

Conferenciantes, moderadores y relatores: **C. Steinitz, L. Rojo, F. Luizao, M. Millán, A. Pulido, R. Schemenauer, C. Gracia, J. Ruíz de la Torre, J.J. Ramírez, J. Cortina, M. Acevedo, F. Prieto, C. Kirketerp, J. Bosco Senra, J. Botey, D. Gómez Orea, J.F. Bellot, S. González Alonso.**

## RESUMEN

El desarrollo económico y la productividad del territorio debe ser compatible con la conservación de la naturaleza y de los valores paisajísticos, y todos ellos requieren de un uso racional de los recursos hídricos. Desde la perspectiva humana, los usos de las tierras compiten por el agua. La configuración del paisaje y la distribución de los usos de las tierras afectan al flujo del agua en términos de cantidad y calidad, y por lo tanto los usos de las tierras y las cubiertas del suelo tienen un gran impacto en el ciclo hídrico y su posible regulación por parte de la sociedad. Las decisiones sobre los cambios de usos de suelos deben considerar cuidadosamente el grado de reversibilidad de esos cambios. Muchas transformaciones de los usos de las tierras son prácticamente irreversibles a la escala de tiempo ecológica y humana. Con frecuencia, los procesos sociales y económicos cambian muy rápidamente en términos de tiempo ecológico, especialmente en el caso de los ecosistemas forestales. Por lo tanto, los cambios deberían ser modulados por perspectivas de largo plazo si se quiere tomar en consideración la sostenibilidad de los ecosistemas. Los objetivos relacionados con el agua deben ser compatibles con otros objetivos de gestión, tales como la conservación de la biodiversidad y la lucha contra la desertificación y el cambio climático.

A escala regional, las precipitaciones pueden

verse afectadas por la cubierta vegetal. Es emblemático el caso de los bosques tropicales húmedos que tienen un papel crítico en el desencadenamiento de lluvias convectivas. La disminución de la cubierta vegetal en régimen de elevada recirculación global del agua genera una disminución de la evapotranspiración que puede causar la disminución de las lluvias.

Las nieblas constituyen en algunas regiones un recurso hídrico precioso, especialmente en regiones áridas. Se puede utilizar para el suministro de agua potable a pequeñas comunidades rurales o para apoyar programas de forestación. Su aprovechamiento es todavía escaso, muy por debajo de sus aportes potenciales. El reto es desarrollar la tecnología apropiada y su extensión a los potenciales usuarios. En esta misma línea de aumentar (y conservar) las entradas de agua se orientan las técnicas para aumentar la recarga de acuíferos, especialmente bajo régimen de lluvias intensas, tanto en el medio rural como en el urbano.

El bosque es un gran consumidor de agua. Sin embargo, en algunas situaciones geográficas puede ser un eficiente captador de nieblas y, quizá, catalizador de lluvias en regímenes de circulación local. También es la cubierta más eficiente en la regulación hidrológica, función crítica en regiones donde son frecuentes las lluvias torrenciales con alto poder erosivo y riesgo de inundaciones. La pregunta, por lo tanto, es cómo diseñar la localización y gestión de los bosques en el territorio para optimizar

<sup>1</sup>Documento elaborado a partir de las comunicaciones escritas, las presentaciones orales, las discusiones a lo largo de la celebración de las sesiones y el destilado de las mismas preparado por los moderadores, relatores y coordinador con el soporte del equipo de Tribuna del Agua.

sus efectos positivos en el balance hídrico regional. La gestión de la cubierta forestal permite compatibilizar múltiples objetivos de conservación y de suministro y regulación de los recursos hídricos. Es preciso impulsar una gestión forestal adaptada a las condiciones mediterráneas y enfocada a la regulación hidrológica. Desde hace más de un siglo, la forestación ha sido un instrumento central en la protección y regulación de cuencas hidrográficas. Los proyectos de restauración forestal deben cumplir la función protectora del suelo, la mejora de la biodiversidad y productividad del monte, y la optimización de los recursos hídricos. Las técnicas de restauración forestal se deben orientar a superar el estrés hídrico de las plantas introducidas y a la limitación de la escorrentía cuando se producen lluvias torrenciales. Durante los últimos años se ha desarrollado con fuerza la tecnología de la restauración forestal en montes amenazados por la desertificación, con una gran diversificación de especies y técnicas para optimizar el uso eficiente del agua y que han mejorado significativamente los resultados de supervivencia y crecimiento de los plantones. Existen tecnologías blandas, de probada eficacia, que permiten optimizar el uso del agua, especialmente en regiones áridas.

El ciclo hidrológico tiene múltiples funciones biogeoquímicas necesarias al funcionamiento de la biosfera, además del uso consuntivo. No se puede manipular el ciclo hidrológico sin afectar a sus funciones biosféricas. La ordenación del territorio debe tomar en consideración la gestión del agua entre sus tres principales destinos: la transpiración de las plantas de la vegetación natural, los flujos hídricos que llegan al mar fertilizando la productividad de los ecosistemas costeros y el consumo humano, incluyendo el regadío. Evidentemente, esta ordenación de los recursos hídricos debe ser compatible con otros objetivos y limitaciones que se deben considerar en la planificación territorial. En la misma medida, las diversas políticas sectoriales que afectan a los cambios en los usos de suelos y a las cubiertas deben tomar en consideración las repercusiones hidrológicas e incorporarlas como criterio de planificación. A pesar de su incertidumbre, la generación de escenarios es

una herramienta muy útil para la planificación de usos del territorio, en un contexto de gestión preventiva del recurso hídrico. La toma de decisiones en la planificación del territorio se puede evaluar a partir del planteamiento de escenarios futuros, documentados con el uso de modelos predictivos, físicos, ecológicos y sociales, que permitan la asunción de riesgos y la evaluación de alternativas futuras que impliquen repercusiones hidrológicas. La planificación a una escala regional, cuenca hidrográfica o región urbana, permite contrastar los intereses y los riesgos locales con los principios y riesgos globales de interés común. Los modelos de toma de decisión multi-agente acoplados a los modelos hidrológicos aportan una metodología que permite incluir los múltiples actores humanos en los cambios de una cuenca hidrográfica.

La puesta en marcha de programas de gestión integrada de recursos hídricos con garantías de éxito requiere de la articulación institucional necesaria para lograr la legitimación sociopolítica y la construcción de pactos que impliquen a los sectores públicos, privados y las organizaciones de la sociedad civil.

**Palabras clave:** planificación rural, forestación, desertificación, paisaje, usos de las tierras, niebla, agua subterránea, gestión integrada de cuencas.

## 1. INTRODUCCIÓN

**El agua es el mayor factor limitante global a la fotosíntesis de las plantas terrestres, y por lo tanto de bosques y cultivos.**

Las tierras, los ecosistemas, las unidades del paisaje están conectados en términos de energía y materia a través del flujo de fluidos, esto es del agua y del aire en movimiento. Lo mismo sucede en los ecosistemas terrestres con respecto a los marinos, y entre regiones del globo. El agua se está intercambiando continuamente entre el suelo,

las plantas y la atmósfera. Los ciclos del agua y el carbono están íntimamente relacionados, ya que los estomas controlan simultáneamente la transpiración y la absorción de  $\text{CO}_2$ . El flujo de agua a través de las plantas y su evaporación a través de la transpiración es el precio que deben pagar los ecosistemas terrestres para la producir la fotosíntesis, es decir la producción primaria de la mayor parte de los alimentos y fibra necesarios para la sociedad humana. El agua del suelo no utilizada por las plantas y las aguas de flujo rápido puede alcanzar el acuífero o escurrir en las vertientes hacia los ríos y finalmente al mar. Este exceso puede ser utilizado por la sociedad para los usos culturales (consuntivos). Las plantas terrestres compiten por el agua, especialmente en situaciones de escasez. Desde la perspectiva humana, los usos de las tierras también compiten por el agua. La configuración del paisaje y la distribución de los usos de las tierras afectan al flujo del agua en términos de cantidad y calidad, y por lo tanto los usos de las tierras y las cubiertas del suelo tienen un gran impacto en el ciclo hídrico y su posible regulación por parte de la sociedad humana.

*"El agua es la sangre de la Tierra"*  
Sabiduría indígena (Brasil)

## EL CICLO DEL AGUA: DE LA ESCALA GLOBAL AL BOSQUE

### 2. EL CICLO GLOBAL DEL AGUA

Los movimientos del agua a través de la atmósfera determinan la distribución de las lluvias en la Tierra. La mayor reserva de agua en la Tierra está en los océanos, así como la mayor fuente de agua susceptible de ser evaporada y posteriormente precipitada. La evaporación anual de los océanos extrae alrededor de 100 cm de agua por año. La evaporación supera a la precipitación en los

océanos, mientras que sucede lo contrario en las tierras emergidas, donde la escorrentía devuelve el exceso de precipitación al mar. Las aguas subterráneas también constituyen una gran reserva, aunque las estimaciones de su volumen son inciertas. Los suelos contienen  $121,800 \text{ km}^3$  de agua, del cual un 50% se sitúa en la zona de enraizado de las plantas, manteniendo su crecimiento.

**La producción de alimentos en agricultura requiere un elevado consumo de agua, del orden de 1200 litros de agua por kg de grano de trigo producido.**

La disponibilidad de agua es el mayor factor limitante individual al desarrollo de la vegetación terrestre. Considerando la producción primaria neta de las plantas terrestres ( $60 \times 10^{15} \text{ g C/año}$ ) y la evapotranspiración estimada en la Fig. 1 ( $71 \times 10^{18} \text{ g H}_2\text{O/año}$ ), el uso promedio global de agua por la vegetación es de  $1,28 \text{ mmol CO}_2/\text{mol}$  de agua perdida (alrededor de  $600 \text{ l/Kg}$  materia seca producida). En el caso del grano de trigo, la relación es de aproximadamente  $1200 \text{ l H}_2\text{O consumida/Kg}$  grano producido. Cuando la precipitación excede a la evapotranspiración en las tierras emergidas, se produce escorrentía que transporta los productos de la meteorización de las rocas al mar. A la escala global, el flujo de los ríos es de  $40,000 \text{ km}^3/\text{año}$ . El agua dulce y los materiales disueltos y partículas que alcanzan el mar fertilizan los ecosistemas marinos. La cantidad total de agua en la atmósfera es muy pequeña, equivalente a  $0,3 \text{ cm}$  de la lluvia en un determinado momento. Se estima que sobre un 10% de la humedad de la atmósfera es producida por la transpiración de las plantas.

Como promedio global, los ríos transportan del orden de  $1/3$  de la precipitación que cae sobre las tierras hacia el mar, y menos del 10% de la precipitación alcanza el freático (datos extraídos de Schelesinger, 1997; Fig. 1). En definitiva, solo

una pequeña parte de la cantidad total de agua de la Tierra está circulando a través de la evapotranspiración y precipitación entre los océanos, la atmósfera, y el sistema suelo-planta y los ríos en las tierras emergidas.

La sociedad humana depende de una reserva relativamente pequeña de agua dulce en ríos y lagos, y cada vez más de reservas subterráneas. Las aguas dulces representan sólo el 3% de todo el agua de la Tierra, y el agua de lagos y humedales sólo constituye un 0,29%. El 40% del agua dulce está contenida en los lagos Baikal y en los Grandes Lagos de Norte América. Los ríos únicamente transportan un 0,006% de todas las reservas de agua dulce (USGS Water Science, <http://ga.water.usgs.gov>)

**La sociedad humana depende de una reserva relativamente pequeña de agua dulce en ríos y lagos, y cada vez más de reservas subterráneas.**

En las regiones áridas, la evapotranspiración potencial (ETP) excede a la precipitación, las reservas de agua del suelo son escasas, y el caudal de los ríos muy bajo, con frecuencia restringido a algunas tormentas al año cuando la intensidad de la lluvia supera a la capacidad de infiltración de agua en el suelo. Como consecuencia de la escasez de agua, la producción primaria es pobre, a menos que el agua sea aportada mediante el riego de recursos hídricos alóctonos, por ejemplo subterráneos.

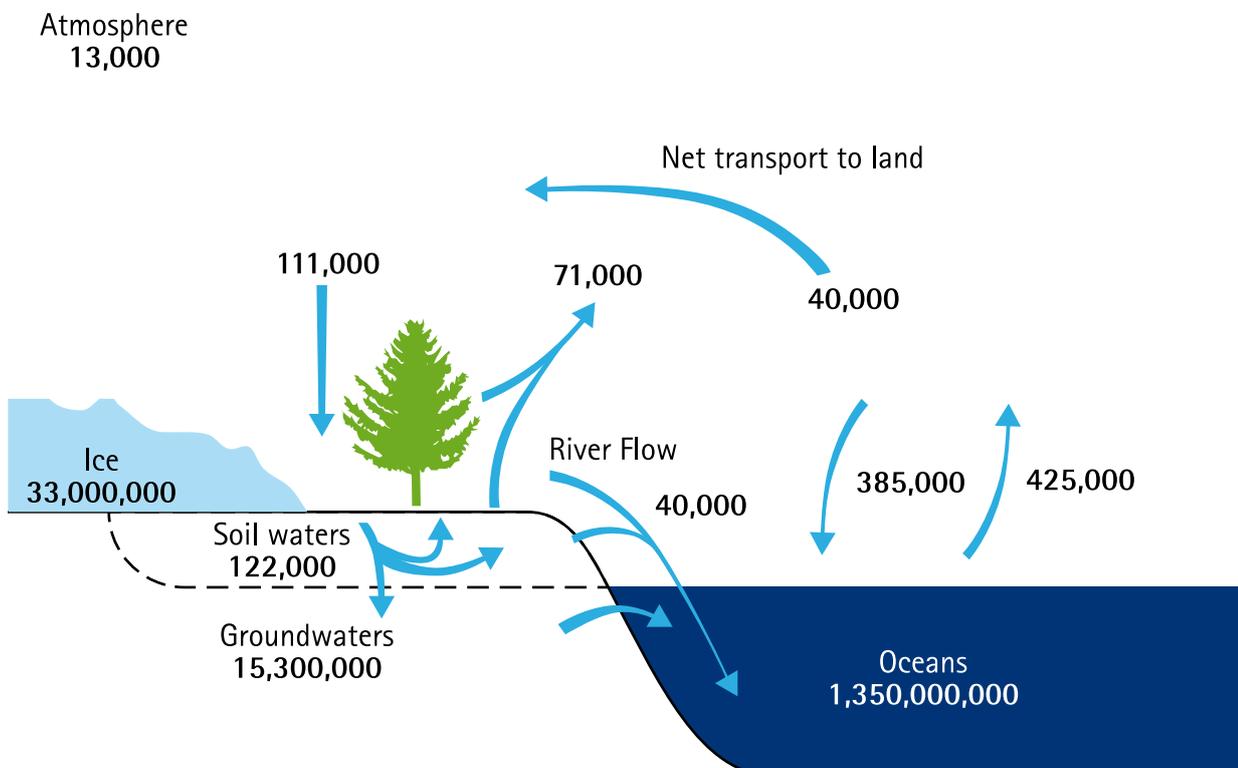


Figura 1. Ciclo hídrico global. Reservas ( $\text{km}^3$ ) y flujos ( $\text{km}^3/\text{año}$ ). De Schelesinger (1997).

## Los usos de suelos para un uso sostenible del agua desde una perspectiva global

Los usos de los suelos y sus cambios generalmente dependen de factores sociales y económicos, aunque las limitaciones y potenciales de los recursos naturales también deberían ser considerados, especialmente los recursos primarios como agua y suelo. Con frecuencia, los factores sociales y económicos cambian muy rápidamente en términos de tiempo ecológico, especialmente en el caso de los ecosistemas forestales. Por lo tanto, los cambios deberían ser modulados por perspectivas de largo plazo si se quiere tomar en consideración la sostenibilidad de los ecosistemas. Además, los objetivos relaciones con el agua deben ser compatibles con otros objetivos de gestión, tales como la conservación de la biodiversidad y la lucha contra la desertificación y el cambio climático.

El ciclo del agua en las tierras debe sustentar la transpiración de las plantas que es necesaria para la producción primaria, tanto en el caso de ecosistemas naturales como en cultivos. Por otra parte, el agua que circula a través del suelo y el sustrato geológico es necesaria para la meteorización y la liberación de los nutrientes minerales. Las aguas de escorrentía superficial, enriquecidas por nutrientes y sedimentos, incluyendo materia orgánica, alcanzan el mar y fertilizan los ecosistemas marinos. Los océanos son heterotróficos, por lo tanto la material orgánica y los nutrientes aportados por la descarga de los ríos son críticos para sostener la productividad de los ecosistemas marinos y, en consecuencia, la pesca. Todas estas funciones del agua que circula a través de las tierras son esenciales para la biosfera, y para la sociedad humana a largo plazo. Margalef (1996, Fig. 2) sugería, como referencia orientativa, la regla de

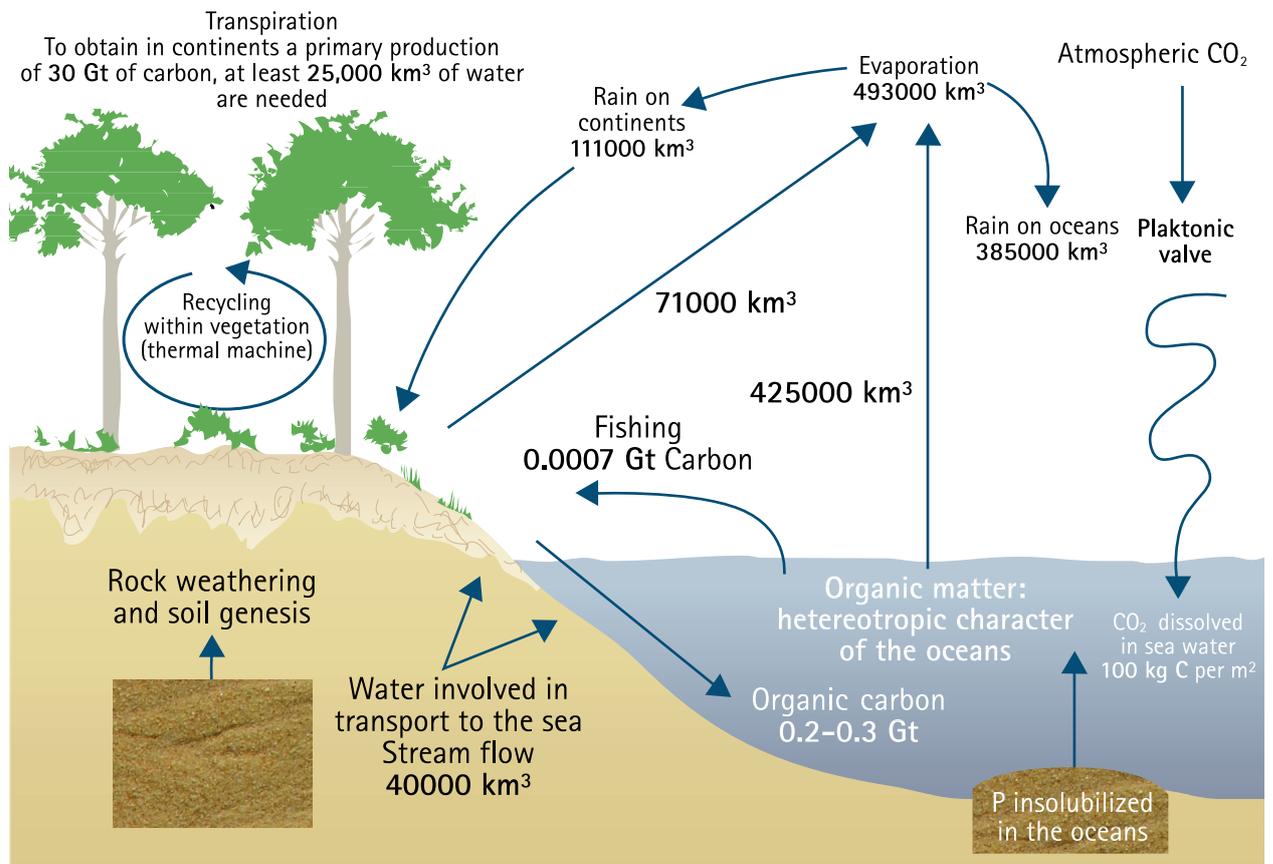


Figura 2. Ciclo hídrico global y principales procesos biogeosféricos relacionados. Los flujos están expresados en valores anuales. Tomado de Margalef (1996). Los valores de los flujos son comparables con los de la Fig. 1.

los tres tercios para distribuir la lluvia sobre las tierras emergidas. Un tercio debería fluir hacia el mar, un tercio debería circular hacia la atmósfera a través de la transpiración de las plantas de los ecosistemas naturales, y el tercio restante podría ser utilizado para el consumo humano, incluyendo la agricultura de regadío, usos urbanos e industriales. De acuerdo con el mismo autor, el agua disponible para usos consuntivos sin afectar negativamente el ciclo hídrico global no debería exceder 40.000 km<sup>3</sup> por año.

**El ciclo hidrológico tiene múltiples funciones biogeoquímicas necesarias al funcionamiento de la biosfera, además del uso consuntivo. No se puede manipular el ciclo hidrológico sin afectar a sus funciones biosféricas.**

### 3. ALGUNAS OPCIONES PARA AUMENTAR LAS ENTRADAS DE AGUA

**Métodos de recolección de agua en regiones áridas: La mejora de la recarga de acuíferos**

**La escasez de agua en regiones áridas con frecuencia se acompaña de breves periodos de precipitación muy intensa que puede generar inundaciones catastróficas. En estas áreas, el agua de escorrentía se puede recolectar para recargar los acuíferos, mejorando la prevención de inundaciones y la gestión de los recursos hídricos.**

En las regiones áridas y semiáridas las aguas superficiales son muy escasas y con frecuencia la única agua disponible es la subterránea. Hay un

umbral por debajo del cual la recarga del acuífero es inapreciable. En los años más secos, la infiltración en el acuífero puede ser prácticamente nula.

En años húmedos y/o durante eventos de precipitación de alta intensidad, la infiltración puede ser muy elevada, de más del 50% de la precipitación. Por otra parte, en ocasiones la agricultura de regadío intensivo en las regiones semiáridas tiene una gran importancia económica, lo que conlleva altas demandas de agua para el riego y, con frecuencia, intensas extracciones de los acuíferos.

Las regiones semiáridas tienen una larga convivencia con la escasez de agua y por lo tanto han desarrollado sistemas para intentar recolectar agua en cualquiera de sus estados. La Tabla 1 resume varios métodos tradicionales de recolección de agua y recarga de acuíferos.

Tabla 1.- *Algunos métodos de recolección de agua y recarga de acuíferos*

#### **Recolección de lluvia y niebla**

Lluvia artificial  
Recolección de niebla

#### **Recolección de lluvia y escorrentía**

Medio rural  
Cajas de agua

Agua de tormentas

Infiltración en el lecho de las ramblas  
Diques, balsas y zanjas  
Careos  
Presas de arena  
Presas convencionales

Depósitos recolectores  
Pozos de infiltración

#### **Medio urbano**

Sistemas de recolección en los tejados  
Asfaltos porosos, hormigón poroso  
Pavimentos alveolares abiertos con vegetación

Hay ejemplos de agricultura de subsistencia antigua basada en el uso de recolección de escorrentía. Era utilizada por los nabateos hace más de 2000 años en el desierto del Negev y estaba bien desarrollada en las regiones semiáridas de América del Sur a la llegada de los españoles (por ejemplo las mejicanas cajas de agua, Hebert *et al.*, 1999). El ejemplo más extendido es el aljibe, abundante en el SE español, que continua garantizando agua para el ganado en muchas áreas rurales (van Wese-mael *et al.*, 1998). En áreas urbanas, los arquitectos se han preocupado del impacto negativo de la urbanización en el ciclo hídrico, particularmente en la reducción de la infiltración y aumento de la escorrentía. Algunas de las prácticas más comunes son las cisternas que recolectan la lluvias en los tejados, las superficies vegetales, superficies porosas, pavimentos permeables, asfalto y hormigón poroso, así como colectores de infiltración integrados en la red urbana (Ferguson, 1994).

La escorrentía superficial, particularmente en periodos de avenidas, se puede explotar a través de la infiltración en el propio lecho del curso de agua, o promoviendo la infiltración en cuencas y zanjas laterales después de construir un canal de desagüe. Ejemplos actuales de la cara sur de Sierra Nevada (España), que podrían haber sido iniciados por los romanos, ya eran activos en la época árabe: se trata de los careos que explotan el agua del deshielo para la recarga artificial y garantizar el suministro de agua a través del verano y hasta el otoño (Pulido Bosch and Ben Sbih, 1997). Las “presas de arena” que abundan en algunas zonas de África (Kiviy and Sharma, 2002) usan el relleno de detrás de la misma presa para el almacenamiento de la escorrentía superficial. Estos sistemas de recolección de agua son suficientes para mantener 1.402.000 ha cultivadas en Pakistán, 165.000 ha en Marruecos, 150.000 ha en Somalia, 110.000 ha en Argelia, 98.000 ha en Yemen y 30.000 ha en Túnez (Prinz, 2000).

Los embalses de las regiones semiáridas se enfrentan a problemas particulares debido al elevado poder erosivo de las aguas de escorrentía y la tendencia a una relativamente rápida colmatación. El

embalse de Isabel II ofrece un ejemplo extremo: no se llegó nunca a poner en marcha debido a la colmatación que se produjo justo cuando se acabó la obra, con unas lluvias intensas. Otro problema en estas zonas se deriva de la gran variabilidad de los flujos que obliga a sobre-dimensionar cualquier obra de ingeniería para garantizar la “regulación” de los eventos de lluvia extremos. Si no se hiciera, habría años en los que los embalses estarían completamente vacíos y otros en los que se produciría desbordamiento. Por esta razón, la regulación basada en los flujos medios ofrece pocas garantías. El caudal en el río Almanzora, por ejemplo, varía entre cero y 255 hm<sup>3</sup>/año.

En las regiones semiáridas es posible aumentar los recursos hídricos construyendo obras de ingeniería “blanda”, de coste relativamente bajo y con bajo impacto ambiental, al tiempo que reduce la erosión del suelo y promueve el flujo laminar de esta aguas de alto poder destructivo. No parece que se puedan garantizar grandes volúmenes con estos sistemas, aunque los volúmenes de recarga pueden ser considerables con el apoyo de otras acciones antrópicas sobre el medio, como graveras y los huecos creados por otras canteras abandonadas. La Agencia del Agua de Andalucía financia actualmente, de forma experimental, un proyecto de construcción de una barrera impermeable sobre la sección transversal del lecho del río Almanzora, con el objeto de acumular agua en el vaso aguas arriba de la barrera. Los ensayos realizados demostraron la alta eficiencia hidrogeológica de las graveras abandonadas, por su considerable dimensión y la elevada permeabilidad del terreno. Aunque la red de diques sólo produjo una recarga inducida del 10% de la escorrentía generada por una tormenta, algunas sub-cuencas mostraron resultados especialmente prometedores.



Figura 3. Los colectores de niebla a gran escala generan agua cuando la visibilidad es menos de unos 300 metros (Chile). Fotografía: R. Schemenauer.

## La captura de nieblas

La niebla está presente en casi todos los países de la Tierra. La niebla es una parte natural del ciclo hidrológico y, como la precipitación, proporciona una fuente de agua vital. Su contribución a las entradas de agua en un sitio en particular puede variar del 0 a casi el 100% en algunos ambientes desérticos a cotas elevadas. La niebla está compuesta de minúsculas gotas de agua de 1-40 micras de diámetro, con diámetros típicos de unas 10  $\mu\text{m}$ . Algunas especies de árboles son eficientes en recolectar estas pequeñas gotas de niebla que mueve el viento. Coalescen en las hojas para formar gotas mayores que caen al suelo. Este proceso de captura natural de la niebla soporta los bosques nebulosos de los trópicos, es también un aporte de agua importante en los bosques costeros de latitudes templadas y es el único recurso hídrico para las plantas en algunas regiones desérticas del mundo (Follmann, 1963). En bosques de elevada altitud, este proceso puede proporcionar 20-50%

de las entradas de agua en el ecosistema. La combinación de nieblas y vientos moderados puede dar lugar a altos flujos de niebla que pueden ser utilizados por la vegetación o recolectados por colectores de niebla artificiales. Además de aportar cantidades significativas de agua, la niebla también puede ser una fuente de nutrientes para el bosque y una vía de deposición húmeda para los contaminantes (Schemenauer *et al.* 1995).

Las evaluaciones de los flujos de niebla utilizando un colector de niebla estándar han mostrado que en las montañas de los desiertos de Chile, Yemen y Eritrea los flujos promedio variaban entre 3 y 9  $\text{l m}^{-2}$  de malla vertical por día. Dado que la eficiencia de estos colectores es del 50%, en estas regiones áridas hay del orden de 10  $\text{l m}^{-2} \text{ día}^{-1}$  de agua dulce moviéndose sobre la superficie del terreno. En otros países, las medidas de flujo de niebla han ofrecido valores tan bajos como 1  $\text{l m}^{-2} \text{ día}^{-1}$  en Namibia y tan altos como 70  $\text{l m}^{-2} \text{ día}^{-1}$  en el Sultanato de Omán.

Los colectores de niebla están hechos de malla de polipropileno o polietileno, barata y duradera (Schemenauer and Joe, 1989). La malla contiene fibras que recolectan las gotas de niebla y está trenzada de manera que permite un drenaje rápido del agua recolectada. La malla se coloca en paneles verticales de 4 m de alto por 10 o 12 m de largo. Dependiendo de la localización, cada panel produce 150 a 750 litros de agua potable por día durante la estación de nieblas. Los proyectos operativos actuales utilizan de 2 a 100 colectores de niebla. Los proyectos han tenido éxito incluso en localidades con sólo 1 mm de precipitación anual.

Hay dos aplicaciones principales de la recolección de agua en las regiones áridas:

1. Los colectores pueden proveer agua que cumple los estándares de la Organización Mundial de la Salud para el agua de consumo humano, que puede ser utilizado en comunidades rurales y grupos de casas; esta agua es de producción barata y se puede conducir a las casas por gravedad;
2. Los colectores pueden proveer agua para la reforestación de las crestas y partes elevadas de las montañas donde no es práctico transportar agua por los medios convencionales; el agua de niebla puede ser distribuido por sistemas de riego por goteo por gravedad. Los bosques resultantes, si están situados adecuadamente, pueden llegar a ser autosostenibles a través de la recolección directa del agua de niebla. Un experimento de envergadura, financiado por la Unión Europea, tuvo lugar a finales de los años 1990 para investigar técnicas de reforestación de las colinas de la costa desértica peruana. Otro proyecto se ha iniciado en el norte de Chile en el 2008 para realizar una plantación en el Centro del Desierto de Atacama utilizando los colectores de niebla como recurso hídrico. Un valor añadido de la recolección de agua en puntos elevados fuera de las regiones desérticas es el de poder disponer de depósitos utilizables por los medios aéreos en la lucha contra incendios en áreas de riesgo.

**La niebla es una fuente natural de agua, de bajo coste y ambientalmente sostenible, que se puede recolectar para producir agua potable y para generar nuevos bosques. La recolección artificial es de especial interés en regiones desérticas con alta frecuencia e intensidad de nieblas.**

#### 4. CUBIERTA VEGETAL Y AGUA

Los tipos de vegetación vienen caracterizados por las formas de vida dominantes, dependientes de los tipos de clima y modificadas por los tratamientos a que se hayan sometidas. A cada unidad climática corresponde un tipo preferente de vegetación. Salvo en alta montaña, en roquedos compactos y en zonas áridas hasta desérticas, el óptimo es el bosque más o menos denso.

Entre las funciones de la vegetación que afectan a las disponibilidades de agua destacan las que siguen:

- Modificación del albedo o tasa de energía incidente que es reflejada. El albedo es máximo en el desierto y mínimo en el bosque denso.
- Regulación de la escorrentía de superficie, condicionada por el relieve, pero creciente con talla, densidad y rigidez de la vegetación. Se retarda el inicio de la escorrentía tras el empape de cubierta muerta, suelo y tierras. Los troncos, cepas y tallos menores que emergen del suelo suponen un obstáculo al escurrimiento del agua por la superficie, incrementando el retraso del desagüe. Con todo esto, se retarda el inicio de la concentración de la escorrentía en canales primarios del drenaje, lo que se va trasladando a los de sucesivos órdenes. Se reduce la punta de escorrentía (caudal máximo) y se alarga el tiempo de desagüe. Hay reducción de daños por crecidas e inundaciones, incremento de la recarga de acuíferos en el conjunto de la cuenca e incremento de la retención de agua en cubierta muerta, suelo y tierras. El progreso de la regulación de escorrentías tiene por consecuencia

la regularización del curso fluvial, con estabilización general de recorridos y cauces: fijación de las plantas del curso, secciones transversales que se estrechan y encajan, y riberas que se refuerzan.

► La cubierta vegetal es un sumidero de carbono, regulador del clima y reductor de sus cambios.

► La inyección de agua a la atmósfera por fotosíntesis y transpiración significa un gasto consuntivo de agua, pero puede contribuir en alguna forma al incremento de precipitaciones, asunto en estudio por el CEAM (ver apartado 8).

► El suelo maduro constituye un banco hídrico edáfico, regulador del consumo de agua.

► La reducción de la erosión con la densificación de las cubiertas tiene beneficiosas influencias en la calidad del agua y en la operatividad duradera de los sistemas de regulación y transferencia.

► Retención del polvo atmosférico, con aportación de nutrientes al suelo y ayuda a la vegetación. Resulta que “el bosque denso proporciona escorrentías de agua más pura que la llovida del cielo”.

► Pérdidas de agua por sublimación de nieves, considerablemente reducida con arbolado denso, por debajo de la *timber line*, cuestión no tenida en cuenta habitualmente en la planificación de recursos de agua.

Los incendios forestales producen la pérdida temporal de cubierta vegetal con lo que durante varios años se degrada la regulación de corrientes y la calidad de su agua, que transporta buena parte de las cenizas. La regeneración masiva, en gran parte de las vegetaciones mediterráneas, favorece la repetición del incendio. El declive de aprovechamientos leñosos y ganaderos, tratamientos antes considerados rentables, acrece el peligro de incendios en nuestros montes. Especies del ciclo del fuego, de gran peligrosidad cuando abundan y presentan espesura en los subpisos de los arbolados, son brezos, matas retamoideas, aulagas, jaras y jaguarzos, lastones y labiadas altas como el romero. La generalizada suspensión del aprovechamiento energético del material leñoso (antes importantísimo en los bloques de cocina y calefacción doméstica, panificación, tejares, cerámicas, ferrerías y otras industrias) ha tenido por consecuencia la progresión y densificación de los

sotobosques de arbolado y de los variados y extensísimos matorrales que pueblan nuestros montes. Entre otras consecuencias derivadas, destaca el incremento del peligro de incendio.

**El desarrollo de la cubierta vegetal mejora la capacidad de captura de recursos (energía solar, agua, aerosoles) y su reciclado in situ, regulando los flujos aguas abajo en las vertientes.**

## 5. EL PAPEL DE LOS BOSQUES EN EL CICLO HÍDRICO

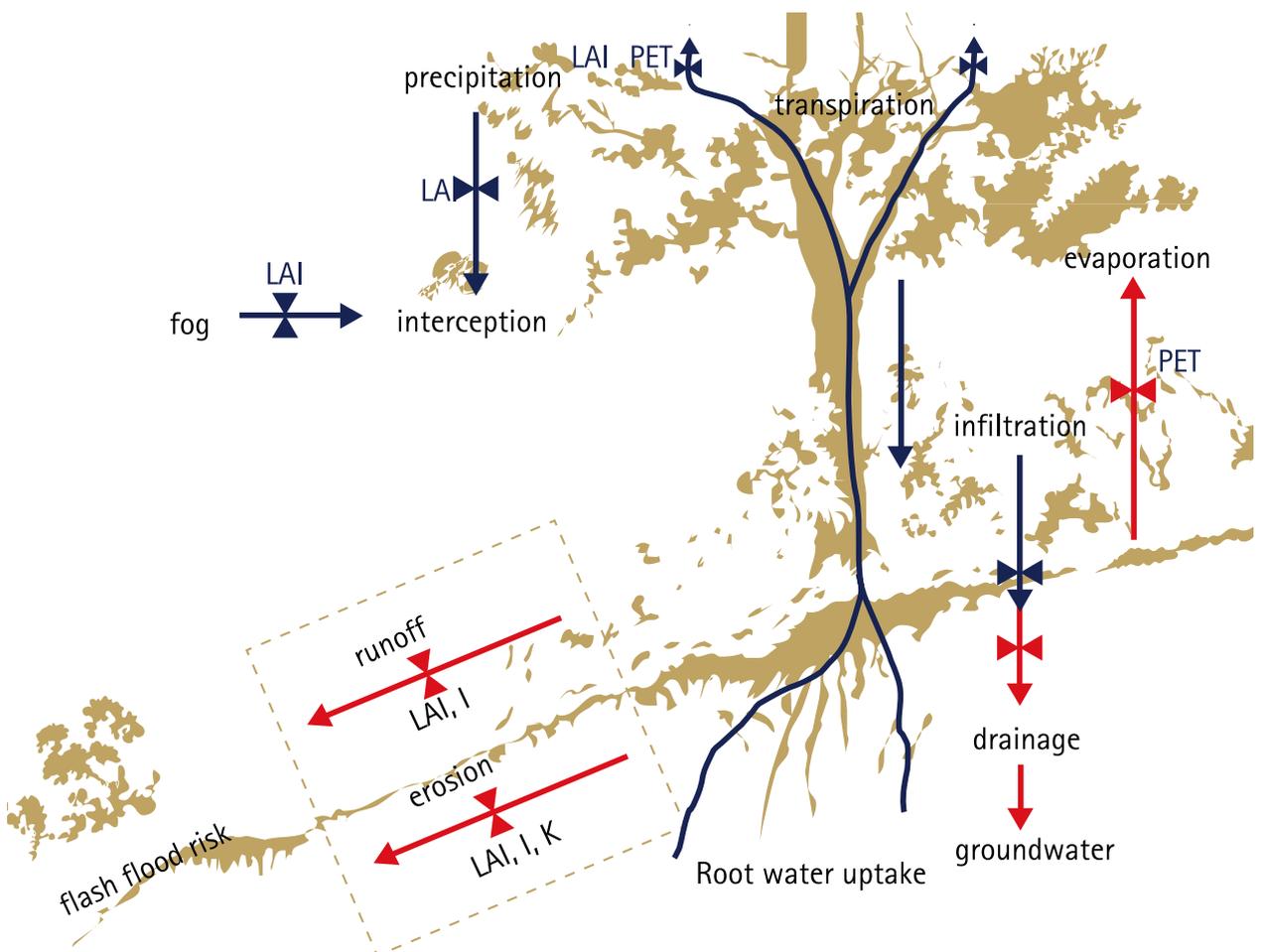
La fase del ciclo hidrológico que tiene lugar en una ladera constituye uno de los escenarios clave para explicar gran parte de las influencias de las actividades humanas en el medio físico. La complejidad del proceso es notable. Ello nos lleva a la necesidad de aportar reflexiones rigurosas basadas en la identificación de que recurso y que parte del proceso estamos analizando en cada caso. Adicionalmente cuando se habla de las influencias de los bosques sobre el recurso agua es esencial clarificar cual de los tres atributos fundamentales del agua: cantidad, calidad y régimen, está en cuestión. Por otra parte el tiempo de permanencia del agua en la cuenca, constituye otras de las claves del análisis: mientras que el flujo de tormenta puede abandonar la cuenca en cuestión de minutos, el flujo de base puede permanecer durante años en el suelo o en el sustrato.

La Figura 4 muestra los componentes principales del ciclo de agua en el bosque y los factores que controlan dichos flujos. La cubierta vegetal intercepta directamente el agua de la lluvia y de la niebla (interceptación), que es posteriormente evaporada o llega al suelo a través de las copas y de la escorrentía cortical. La interceptación se relaciona con el área foliar (LAI), y varía según la intensidad y frecuencia de la precipitación. El agua que alcanza la superficie del suelo puede infiltrarse o generar escorrentía. La propiedad crítica en esta fase es la capacidad de infiltración que depende

de la textura y estructura del suelo. La escorrentía puede producir inundaciones y erosión del suelo, especialmente cuando se producen lluvias intensas. El riesgo de erosión se relaciona con propiedades del suelo (textura, contenido en materia orgánica, estructura) que se expresan en los modelos predictivos a través del término erosionabilidad del suelo ( $k$ ). Los horizontes orgánicos aumentan la infiltrabilidad y protegen al suelo de los procesos erosivos; además, la hojarasca reduce la evaporación directa del suelo. Los bosques continuos protegen muy eficientemente al suelo frente a la erosión, y al mismo tiempo regulan las crecidas, por lo que el riesgo de inundaciones catastróficas es menor.

El agua contenida en el suelo puede ser absorbida por las raíces o drenar al acuífero. La

permeabilidad del suelo afecta a la infiltración profunda. El agua infiltrada, y la fracción de esta luego drenada a los acuíferos de la zona saturada, constituye en la mayoría de los casos la fuente que alimenta el flujo de base de los ríos, es decir que permite que estos fluyan en ausencia de precipitaciones, incluso en épocas de estiaje. El agua absorbida por las raíces se pierde por transpiración a través del continuo suelo-planta-atmósfera. El déficit de agua de la atmósfera es el mecanismo que mueve el flujo de transpiración, específicamente la diferencia de concentración de vapor de agua entre la atmósfera libre y la hoja. Esta capacidad evaporativa de la atmósfera se estima generalmente a través del concepto de evapotranspiración potencial (ETP).



**Figura 4.** Ciclo hídrico en bosques. Los factores reguladores del flujo de agua más importantes son: LAI (Área foliar), ETP (evapotranspiración potencial),  $I$  (capacidad de infiltración del suelo),  $Kh$  (conductividad hidráulica del suelo),  $k$  (erosionabilidad del suelo). Los horizontes orgánicos, característicos de los bosques bien conservados, también aumentan la capacidad de infiltración de agua, reducen la evaporación del suelo, la escorrentía y la erosión. Los factores dibujados en color azul aumentan y los rojos disminuyen los flujos. De V.R. Vallejo.

La deforestación ha sido acusada de todo en relación con el agua, desde las inundaciones a la aridez (Dudley & Stolton, 2005). En general, está clara la relación entre el bosque y la calidad del agua, es decir que las cuencas forestadas producen un agua de mejor calidad que las que están ocupadas por otros posible usos. La relación entre el bosque y la cantidad de agua depende de las condiciones bioclimáticas (Piñol *et al.*, 1991, Fig. 5). En regiones de clima árido, es decir con alta ETP y baja precipitación, como en el caso del clima mediterráneo, los años húmedos aumentan la evapotranspiración del bosque, y el flujo de escorrentía en el torrente es siempre bajo y fundamentalmente condicionado por eventos de lluvia intensa. Por el contrario, en regiones de clima templado, limitado por la radiación solar, es decir baja ETP, el flujo de escorrentía es mucho mayor y los años húmedos producen mayor flujo, mientras que la evapotranspiración se mantiene aproximadamente constante.

Ya en el año 1965, a partir de la revisión de 157 estudios de cuencas aforadas y pequeñas par-

celas de muchas partes del mundo, Shachori & Michaeli indicaban el menor flujo de escorrentía en bosques y matorrales que en pastizales o áreas denudadas. En 1969, Molchanov mencionaba la mayor transpiración de los bosques respecto a prados en la transición bosque-estepa del sur de la antigua Unión Soviética (Molchanov, 1971). Bosch & Hewlett (1982), a partir de los resultados de 55 experimentos en cuencas de todo el mundo, mostraron que los aumentos en el flujo de escorrentía se relacionaban con el porcentaje de disminución de la cubierta vegetal: los bosques de coníferas producían el mayor aumento de escorrentía con la disminución de la cubierta, seguidos de los caducifolios o bosque mixtos de frondosas y, finalmente, los matorrales. De acuerdo con Calder (2000), tanto en zonas muy húmedas como muy secas, la evaporación es probable que sea mayor en bosques que en otros tipos de vegetación, comportando un menor caudal de escorrentía en las cuencas forestales en comparación con otros usos de los suelos. De igual manera, la eliminación temporal o permanente de la cubierta forestal, por ejemplo por un incendio, comporta un aumento

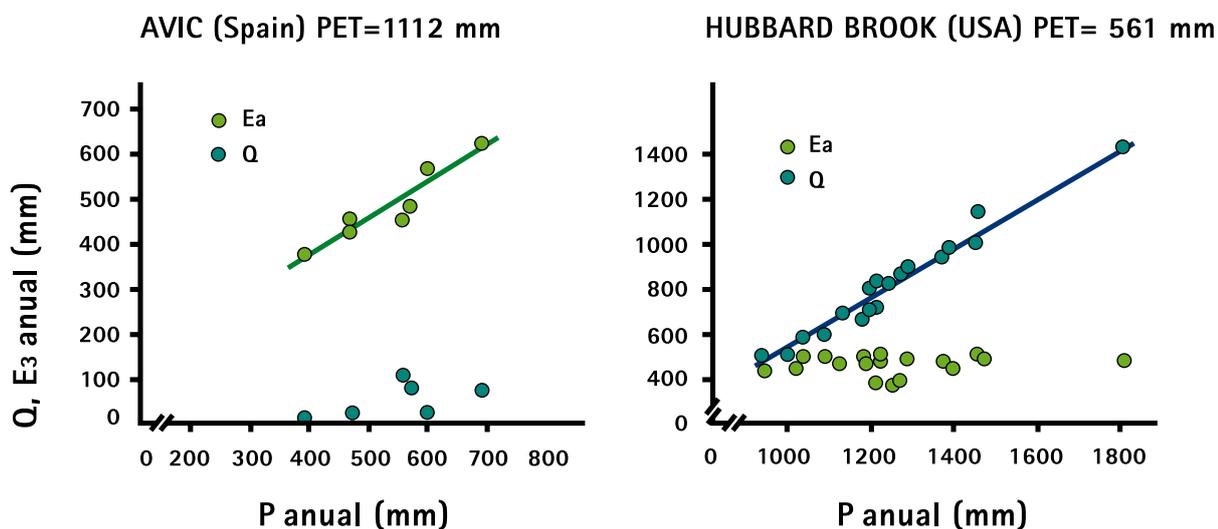


Figura 5. Comparación entre las propiedades hidrológicas de cuencas contrastadas a lo largo de diversos años de seguimiento. Izquierda: Cuenca aforada de l'Avic (Bosque de Poblet, Tarragona, España), de clima mediterráneo, muestra un aumento de evapotranspiración (Ea) a medida que aumenta la precipitación anual, sin clara respuesta del flujo de escorrentía (Q). Derecha: Cuenca forestal de Hubbard Brook (New Hampshire, USA), clima templado, muestra un aumento del flujo de escorrentía según aumenta la precipitación anual, sin repuesta apreciable de la evapotranspiración. Tomado de Piñol *et al.*, 1991.

del caudal en la cuenca, pero también un aumento de nitratos (contaminantes), en el caso específico del fuego, y del riesgo de inundaciones. Generalmente se asume que los bosques no perturbados son la mejor cubierta para regular el flujo de agua en cuencas hidrográficas y minimizar el riesgo de avenidas, es decir su frecuencia y/o impacto destructivo.

Las experiencias en las Cuencas Experimentales de Vallcebre (Llorens, 2005), situadas en el Prepirineo Catalán, mediante el seguimiento de los cambios en el caudal de salida de parcelas durante 10 años y la aplicación de un modelo hidrológico, se estimó que si en una pequeña cuenca del complejo se produjera una reforestación total con respecto a la cubierta actual (70% de prados y 30% de pinares), los caudales disminuirían un 18%.

En resumen, de acuerdo con las evidencias experimentales generalizadas, podemos concluir que la reducción de la cubierta arbórea podría ser la solución a los problemas de escasez de agua que nos puedan amenazar. Llevar esta conclusión al límite de eliminar completamente los bosques para tener mayores caudales de avenamiento sería una especie de reducción al absurdo. Las cuencas forestales y los bosques que albergan prestan múltiples funciones, y no una sola, y precisamente en la armonización de esta multi-funcionalidad con las demandas de la sociedad, salvaguardando la persistencia y aún mejora de los ecosistemas y valores que contienen, está el objetivo de la gestión forestal. Tendremos pues que encontrar en cada caso la solución adaptada a las necesidades establecidas por la sociedad, salvaguardando las opciones futuras, es decir la reversibilidad. Esta solución debe satisfacer, además de la conservación de los valores naturales, múltiples usos o demandas: recreativos, culturales, protectores, científicos, paisajísticos, productivos, ecológicos, hidrológicos, cinegéticos y económicos, entre otros.

**La disminución de la densidad de la cobertura arbórea conduce a aumentos en la cantidad de agua evacuada por la cuenca en magnitudes significativas.**

Por contraste con la evidencia disponible de que los bosques son grandes consumidores de agua, hay evidencias de que los bosques nebulosos presentan una alta capacidad de interceptación de agua de niebla, incluso por encima de las pérdidas por transpiración (Langford, 1976; Holmes & Wronski, 1982; Bruijnzeel, 1990).

La influencia de los bosques sobre el régimen de las aguas es otra de las cuestiones centrales de la hidrología forestal. Desde el punto de vista de los recursos hídricos, interesa especialmente el caudal de base en conexión con las necesidades de abastecimiento de agua y los volúmenes de embalse que éstas pueden implicar. Los flujos de estiaje, los caudales de base, son los que determinan la capacidad de abastecimiento de un río y no sus caudales máximos, ni siquiera los medios. Podemos entonces señalar que de cara al abastecimiento de agua tendríamos dos opciones: aumentar el volumen de embalse (con la complejidad que conlleva) o bien aumentar los valores del flujo de base. La pregunta es qué papel pueden jugar los bosques y su gestión en el posible aumento de los flujos de base. Si debido a una menor infiltración y percolación, o una disminución prolongada del nivel piezométrico por cualquier otra razón (exceso de extracción de agua) los caudales de base disminuyeran, estaríamos reduciendo la regulación natural que comportaría la eventual necesidad de ser compensada con regulación artificial (embalse). A diferencia del caso de la influencia de los bosques en la cantidad de agua que evacua una cuenca, aquí no disponemos de evidencias experimentales. No obstante, estas evidencias abren la perspectiva de diseñar una gestión forestal orientada a optimizar los caudales de base.

La incidencia de los bosques, su conservación y gestión sobre la calidad del agua y los ecosistemas fluviales es manifiesta y no es necesario detenerse en justificar algo que es admitido por todos. La incidencia de los bosques sobre la erosión y sedimentación, temperatura del agua, nutrientes disueltos, intercambio de oxígeno y eventualmente sustancias químicas empleadas en la selvicultura es determinante. En cuencas forestales los obje-

tivos de calidad del agua generalmente deberían superar en importancia a los relacionados con la cantidad de agua.

Las riberas tienen una gran importancia como filtro protector del agua que fluye por los cauces, además de sus valores específicos por albergar ecosistemas de gran valor intrínseco y servir de corredores biológicos. El establecimiento de franjas de protección suficientemente amplias en las riberas debería ser una práctica generalizada. Cualquier eventual estrategia de aumento de la producción de agua en cuencas forestales deberá marcar como prerrequisitos estrictos el mantenimiento de la calidad del agua y la protección del suelo frente a la erosión.

El Servicio Forestal de Estados Unidos proporciona orientaciones para la incorporación de objetivos hidrológicos en la gestión forestal (Tewry y Hornbeck, 2001). Entre estas metas hidrológicas figuran las relativas al mantenimiento de la calidad del agua y dentro de ellas señala: la mejora o habilitación de hábitats piscícolas y la protección intensiva de las riberas. Entre las posibles metas relativas a la cantidad de agua señala el incremento de la producción de agua, el mantenimiento o incremento de los flujos mínimos, la limitación de los picos de avenida y la recuperación de la función hidrológica de áreas previamente alteradas. Para cada uno de estos objetivos específicos a alcanzar por el gestor forestal, da unas orientaciones. Por ejemplo en relación con el aumento de la producción de agua, señala que la unidad mínima de gestión será de 20 ha y todos los rodales que contenga y sean identificados como adyacentes al agua, humedales o franjas de protección ribereña deben cumplir los siguientes requerimientos: (1) las especies de hoja persistente no deben sobrepasar más del 30% del área basimétrica; (2) la fracción de cabida cubierta no debe exceder el 70% ; (3) si el rodal está en regeneración, la densidad relativa de árboles padre no debe exceder el 30% y los brinzales no deben ocupar más del 30% del rodal. Estas recomendaciones pueden implicar los siguientes tratamientos: (1) reducir las existencias del rodal por debajo del 70% de la fracción de ca-

bida cubierta; (2) emplear turnos cortos; (3) promover las frondosas y (4) favorecer la regeneración de los brinzales.

**La contribución de los bosques a la producción de agua regulada y de calidad es uno de los principales beneficios de los ecosistemas forestales y uno de los objetivos fundamentales de su gestión.**

## 6. EL BOSQUE MEDITERRÁNEO

La mayor parte de las características distintivas de la vegetación mediterránea se derivan de las condiciones de crecimiento limitadas por el agua. A escala regional, la relación precipitación/evapotranspiración potencial ofrece valores bajos para los ecosistemas mediterráneos, con frecuencia por debajo de la unidad, y esta es una de las diferencias más importantes con respecto a los ecosistemas templados. Los valores de evapotranspiración real/ evapotranspiración potencial obtenidos en diferentes cuencas hidrográficas experimentales ponen de manifiesto que los ecosistemas mediterráneos no alcanzan nunca los valores potenciales. Como consecuencia, los árboles están fuertemente limitados por el agua, de manera que se ha demostrado experimentalmente que la reducción en la densidad de árboles comporta una transpiración mayor de los árboles restantes, pero que se traduce en una utilización de agua prácticamente igual por parte de la vegetación a pesar de la reducción de la densidad de pies. Varias características de los bosques mediterráneos, como índice de área foliar, estructura de las copas y productividad, dependen mucho de la disponibilidad de agua, independientemente de la densidad de pies del bosque.

La eficiencia en el uso de agua de los bosques mediterráneos es del orden de 5 mmol C/mol H<sub>2</sub>O o, en otras palabras, las plantas deben transpirar 1000 g de agua para fijar entre 2 y 3 g C, es decir

**Tabla 2.** Coste de formación y de mantenimiento de la biomasa foliar, tejidos no fotosintéticos y raíces finas (gC/año) en el bosque perennifolio de encina de Prades (Tarragona, España). La columna en el extremo derecho y la fila inferior representan la transpiración requerida para compensar el coste de cada componente del árbol. La precipitación requerida ha sido estimada asumiendo el factor empírico de que la transpiración consume el 80 % de la precipitación en este bosque. Gracia et al, 2002.

|                               | FORMACIÓN               | MANTENIMIENTO | TOTAL | AGUA |
|-------------------------------|-------------------------|---------------|-------|------|
|                               | gC /m <sup>2</sup> /año |               |       | mm   |
| <i>Biomasa hojas</i>          | 189                     | 844           | 1033  | 281  |
| <i>Tejidos no fotosint.</i>   | 146                     | 204           | 350   | 95   |
| <i>Raíces finas</i>           | 184                     | 95            | 179   | 76   |
| <i>Total</i>                  | 519                     | 1143          | 1662  |      |
| <i>Transpiración (mm/año)</i> | 141                     | 311           |       | 452  |
| <i>Precipitación (mm/año)</i> | 178                     | 392           |       | 570  |

entre 300 y 500 veces el peso de carbono. El coste de la fijación de C en términos de agua es muy alto. La cuestión crucial en este punto es cuánto cuesta mantener la estructura forestal. La cuestión es interesante porque la respuesta nos dará una idea de hasta qué punto la disponibilidad de agua puede ser limitante para la supervivencia de los bosques mediterráneos, tanto en la actualidad como en las condiciones futuras.

En el bosque experimental de encinas de Prades (Tarragona, España), la eficiencia promedio en el uso del agua es de 3,68 mmol C/mol agua, o en otras palabras, los árboles transpiran 150 kg de agua para producir 1 kg de materia orgánica. El coste de mantenimiento de hojas, tejidos lignificados y raíces finas en este bosque es de 844, 204 y 95 gC·m<sup>-2</sup> terreno·año<sup>-1</sup> respectivamente. Ello significa que para compensar el coste respiratorio de las hojas, los árboles invierten 844 gC·m<sup>-2</sup> de terreno·año<sup>-1</sup>. Análogamente, el bosque invierte anualmente 189, 146 y 184 gC·m<sup>-2</sup> terreno·año<sup>-1</sup> en la formación de nuevos tejidos.

La fotosíntesis necesaria para compensar este coste de carbono requiere una transpiración de 452 mm de agua por año, o si consideramos que la transpiración representa el 80% de la precipitación, se necesitan 670 mm de lluvia anual para

sostener la fotosíntesis necesaria para compensar el coste respiratorio del bosque. Por lo tanto, con menos de 570 mm de lluvia anual, el bosque reduce la formación de nuevos tejidos y por debajo de 392 mm no puede mantener la biomasa actual. De estos datos resulta evidente el conflicto entre agua y carbono, y el alto coste de la absorción de carbono en términos de agua.

**Desde la perspectiva de la gestión hídrica está claro que muchos de los sistemas de manejo que podemos adoptar no van a afectar al balance transpiratorio. Dada la fuerte limitación hídrica de los bosques mediterráneos, una reducción, por ejemplo, de la densidad de árboles tiene un efecto en el balance hídrico de los árboles restantes que puede aumentar la cantidad de agua transpirada por árbol individual o por unidad de área foliar, pero no tiene efectos en el balance global de agua del rodal, como se ha probado experimentalmente.**

En ecosistemas mediterráneos, se espera que un aumento en la temperatura del aire acoplada a cambios de la distribución de la precipitación comporte una mayor evapotranspiración, y mayor sequía estival (IPCC, 2007). En el momento presente, el agua ya es un factor limitante para el crecimiento de los ecosistemas mediterráneos, por lo que un aumento de la intensidad de la sequía puede tener un gran impacto en las tasas de crecimiento de los bosques actuales y futuros. Entre todas las regiones bioclimáticas, la región mediterránea es la más vulnerable al cambio global.

## 7. ALTERNATIVAS DE GESTIÓN FORESTAL

La necesidad de salvaguardar la calidad del agua y la protección de suelo, junto con la persistencia del ecosistema forestal, constituyen los prerequisites fundamentales para cualquier acción encaminada al aumento de la producción de agua.

La Figura 6 muestra las principales alternativas para aumentar la captura y/o la conservación de agua en bosques u otros ecosistemas naturales. El aumento de las entradas de agua se puede favorecer en áreas con nieblas frecuentes aumentando el área foliar (LAI). Ello es posible en zonas yermas mediante la forestación. En algunas situaciones mesometeorológicas específicas, donde la circulación local sea relevante, el vapor de agua producido por la transpiración puede catalizar la formación de nubes y, eventualmente, precipitación, y por lo tanto el bosque aumentaría localmente la lluvia. Como los bosques son grandes consumidores de agua, la reducción de la cubierta forestal aumentaría el flujo de escorrentía y/o la recarga del acuífero. Sin embargo, esta posibilidad se debe ponderar frente a los riesgos asociados a la pérdida de cubierta forestal, es decir inundaciones y erosión del suelo.

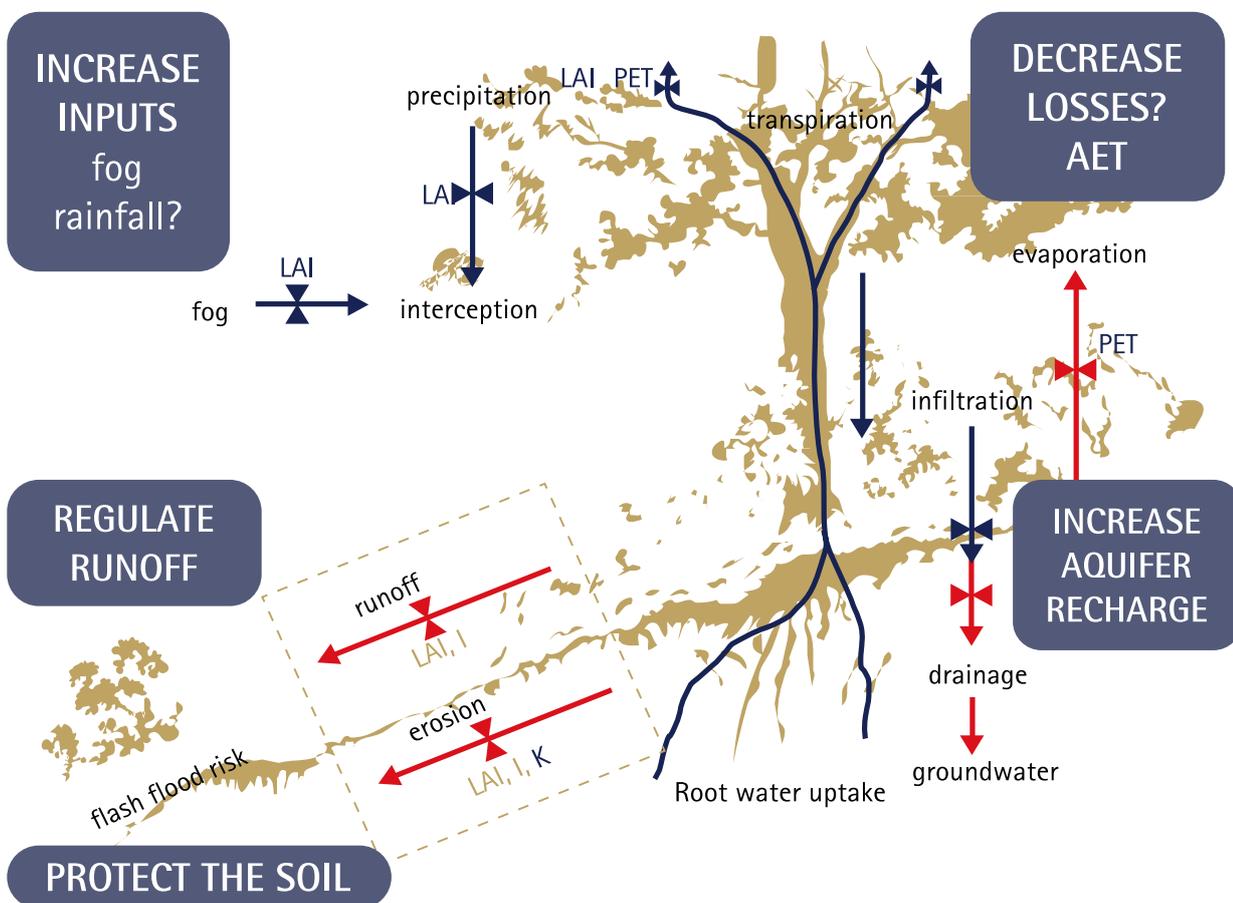


Figura 6. Alternativas para aumentar la captura de agua o su conservación, y limitaciones asociadas a considerar AET: Evapotranspiración Real. De V.R. Vallejo.

## ¿EL BOSQUE ATRAE LA LLUVIA?

### 8. LA INTERACCIÓN ENTRE LOS USOS DE SUELOS Y EL CLIMA. DOS EJEMPLOS PARADIGMÁTICOS: LA CUENCA AMAZÓNICA Y LA CUENCA MEDITERRÁNEA

**La disminución de la cubierta vegetal en régimen de elevada recirculación global del agua genera una disminución de la evapotranspiración que puede causar la disminución de las lluvias**

#### Región Amazónica

La cuenca amazónica es una mega-región de unos 7 millones de km<sup>2</sup>, cubierta en gran parte por una pluvisilva tropical densa y cruzada por miles de arroyos y ríos que constituyen de largo la mayor cuenca hidrológica del mundo, que descarga en el Océano Atlántico 210.000 m<sup>3</sup> s<sup>-1</sup> o 2,9 mm día<sup>-1</sup>, que representa 18 % todo la agua dulce del globo (Marengo, 2006). La evapotranspiración promedio en la cuenca amazónica es del orden de 3,5 – 4,0 mm día<sup>-1</sup>, mientras que la precipitación diaria varía entre 5,5 y 7,9 mm día<sup>-1</sup>. La precipitación media anual es de alrededor de 2300 mm, pero diversas sub-regiones dentro de la cuenca presentan precipitaciones anuales muy por debajo, tal como ocurre en el oeste, noroeste y extremo norte (Marengo, 2006). La región amazónica está localizada en el trópico, donde los intercambios de energía entre la superficie de la tierra y la atmósfera son muy intensos. Debido a su extensión territorial y sus características físicas, la región es una inmensa fuente de evapotranspiración que afecta enormemente los regímenes de lluvia regionales y extra-regionales. Por lo tanto, los cambios en los ecosistemas amazónicos pueden tener profundos impactos en la circulación atmosférica, en el transporte de humedad y, consecuentemente, en el ciclo hidrológico, no solo en América del Sur, sino también en otras regiones del mundo (Almeida *et al.*, 2007).

**La selva amazónica es una mezcla de agua y bosque, que por su extensión tiene un papel crítico en la regulación del ciclo hídrico regional y de toda América del Sur.**

La lluvia en la región amazónica es originada en parte a partir de la evapotranspiración local de sus ecosistemas, lo que representa un 55-60% de la precipitación y un reciclado anual evapotranspiración-precipitación de la misma agua en el rango del 20-35%. Por lo tanto, cambios en la cubierta vegetal debido a deforestación, que causará una disminución de la evapotranspiración, afectará seguramente al balance hídrico de la región y de las regiones vecinas. Un segundo factor de importancia caudal para el clima regional y extra-regional, y específicamente para el ciclo hidrológico, es el papel de la región amazónica en la recepción y exportación de vapor de agua desde, y a largas distancias. El balance hídrico anual muestra que la región amazónica es una gran importadora de vapor de agua, especialmente del Océano Atlántico, que contribuye con tres cuartas partes del total de humedad circulante en la región (Correia *et al.*, 2007). El otro cuarto se produciría por evapotranspiración, mientras que la lluvia anual es el doble de dicho valor. Por lo tanto, la región amazónica exporta humedad en una cantidad equivalente al doble de la lluvia total regional o cuatro veces su evapotranspiración. La mitad de esta humedad es transportada hacia el sur de la región, mientras que la otra mitad se va al Océano Pacífico y el Caribe. De todo eso se concluye que la región amazónica controla en gran medida la circulación de vapor de agua en el continente sudamericano, afectando a la distribución de lluvias en el centro y sur de América del Sur (Marengo, 2006).

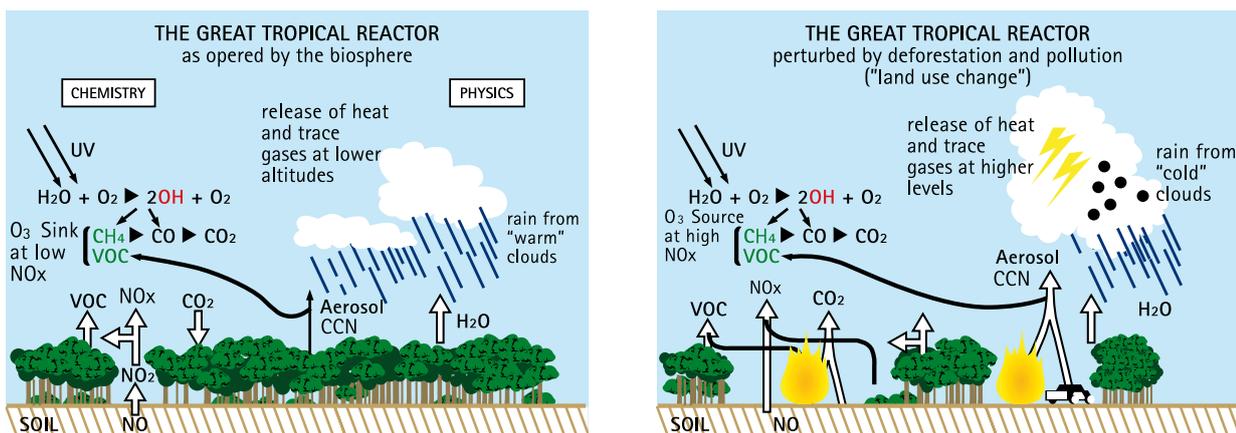
La región amazónica se ha enfrentado a un proceso acelerado de deforestación en las últimas décadas. Sólo en Brasil, un 18% del bosque amazónico se ha convertido en pastos y cultivos (INPE, 2007). La deforestación para creación de pastos produce un aumento del albedo y una reducción

de la evapotranspiración. No obstante, no se ha podido demostrar experimentalmente un efecto en la reducción local de la precipitación. Por otra parte, se han utilizado modelos climáticos para evaluar los posibles impactos de la deforestación en la cuenca amazónica. La mayoría de estos estudios sugieren reducciones anuales del 5 al 20% de la precipitación, del 20 al 30% en la evapotranspiración, y aumentos de 1 a 4°C in la temperatura del aire cerca de la superficie (Correia, 2006). Sin embargo, otros ejercicios de modelación ofrecen resultados opuestos a través de la generación de una convergencia de humedad de los bosques circundantes sobre las superficies deforestadas más calientes. Con el objeto de reconciliar los resultados de los diferentes modelos, Avissar *et al.* (2002) concluyen que la deforestación hasta un umbral del 20-40% de la región generaría un aumento de la lluvia; por encima de este nivel, se produciría una disminución significativa de la lluvia.

A pesar de una generalizada falta de medidas de campo que demuestren el efecto directo de la deforestación en las cantidades o distribución de lluvia, un estudio en Rondonia, en el SW de la región amazónica, presentó las primeras evidencias directas de una disminución de la precipitación

después de la deforestación. A través de medidas continuas de formación de nubes y precipitación con radar se observó una disminución del 5 % de la precipitación de la región deforestada comparando con los bosques de bajas altitudes, y un 20 % de disminución cuando se comparaba con los bosques de mayor altitud.

En áreas de selva amazónica bien conservadas, las emisiones de compuestos orgánicos volátiles por la vegetación generan aerosoles naturales, a bajas concentraciones, a través de reacciones fotoquímicas que dan lugar a la formación de “nubes cálidas”, bajas, que producen lluvia rápidamente, de forma similar a las que se producen sobre el océano (Fig. 7). En la época seca, a causa de los incendios generalizados de gestión de la vegetación y deforestación, aumenta de forma drástica la concentración de partículas, lo cual afecta al balance de radiación, atenuando hasta un 70 % de la radiación incidente (Eck *et al.*, 2003), además de impactos en la población local. En una atmósfera contaminada, el vapor de agua disponible se dispersa entre gran cantidad de partículas (núcleos de condensación, CCN), las gotas de agua crecen lentamente produciendo nubes de gran desarrollo vertical. Muchas veces, estas nubes



### Biosphere-Atmosphere interactions in the Amazon:

- in pristine conditions
- as disturbed by deforestation and land use.

Figura 7: Principales interacciones biosféricas implicadas en la formación de nubes y lluvia en la región amazónica: (a) sobre bosque, en condiciones prístinas; (b) sobre grandes áreas perturbadas por deforestación y cambios en el uso de suelo (Fuente: Andreae *et al.*, 2004; página web de LBA).

no producen lluvia, las gotas se evaporan y el vapor de agua es transportado a otras regiones junto con los aerosoles. Si las gotas de agua alcanzan más de 6 or 7 km de altura, pueden congelarse (“nubes frías”) y generar un crecimiento subsiguiente hasta desarrollar nubes de 10-15 km de altura, formando los cumulonimbus. Estas nubes substituyen a las superficiales, y solo las profundas producen raramente lluvias de tormentosas. (Fig. 7; Andreae *et al.*, 2004).

Mientras que a la escala del conjunto de la cuenca los efectos de los cambios en los usos del suelo no son detectables todavía en la región amazónica, se están produciendo alteraciones significativas de los ecosistemas fluviales a micro- y meso-escala. Los cursos de agua deforestados mostraron mayores temperaturas del agua y concentraciones de nutrientes y carbono orgánico disuelto, mientras que el oxígeno era muy bajo, indicando cambios drásticos en el funcionamiento de los ecosistemas (creando un sistema anaerobio) y en su hidrología. Estas masas de agua se espera que produzcan mayores emisiones de CO<sub>2</sub> y tasas de evaporación.

La deforestación puede causar procesos de re-forestación, más incendios, menos precipitación en periodos secos, mayor mortalidad de árboles y, entonces, mayor susceptibilidad al fuego. El resultado final puede ser el decaimiento del bosque y/o su substitución por tipos de vegetación adaptados a periodos secos más largos (Oyama & Nobre, 2004).

**La deforestación de la selva amazónica a gran escala puede modificar los procesos de formación de nubes y de lluvias, con efectos en otras regiones vecinas e incluso lejanas.**

## El caso de la Cuenca Mediterránea

**La evapotranspiración potencial en condiciones mediterráneas es aproximadamente el doble de la precipitación.**

El clima mediterráneo se caracteriza por la escasez de lluvias, especialmente en verano.

El clima mediterráneo tiene como particularidad que la época seca coincide, en verano, cuando el potencial de crecimiento de la vegetación sería mayor. Todas las regiones de clima mediterráneo del mundo comparten esta característica distintiva, que comporta escasez de agua para los ecosistemas y para la sociedad. No obstante, las diferentes regiones mediterráneas del mundo, Chile central, California, Australia suroccidental, Sudáfrica y la Cuenca Mediterránea, presentan características biogeográficas, climáticas e históricas propias. La cuenca Mediterránea es una gran unidad geográfica con un funcionamiento climático particular que probablemente tiene repercusiones más allá de la propia región, afectando al sistema climático global. Alrededor del mar Mediterráneo podemos encontrar desiertos y condiciones semidesérticas (costas de Argelia, Túnez, Libia, y Almería en el SE español), así como cadenas montañosas, muy próximas a un mar cálido y, por consiguiente, a una masa atmosférica marina con alto contenido de humedad.

El régimen de lluvias alrededor del Mediterráneo está fuertemente afectado por procesos locales, que a su vez pueden verse modificados por las actividades humanas en la gestión del territorio, especialmente los cambios de usos de suelos y la contaminación atmosférica. En esta línea, Millán *et al.* 2005 analizaron los tipos de precipitación en la vertiente mediterránea española e identificaron tres grupos: (1) tormentas de verano generadas por las brisas marinas, (2) precipitación frontal atlántica “clásica” y (3) ciclogénesis mediterránea. Todas ellas responden de manera diferente a los índices climáticos al uso, por ejemplo el NAO.

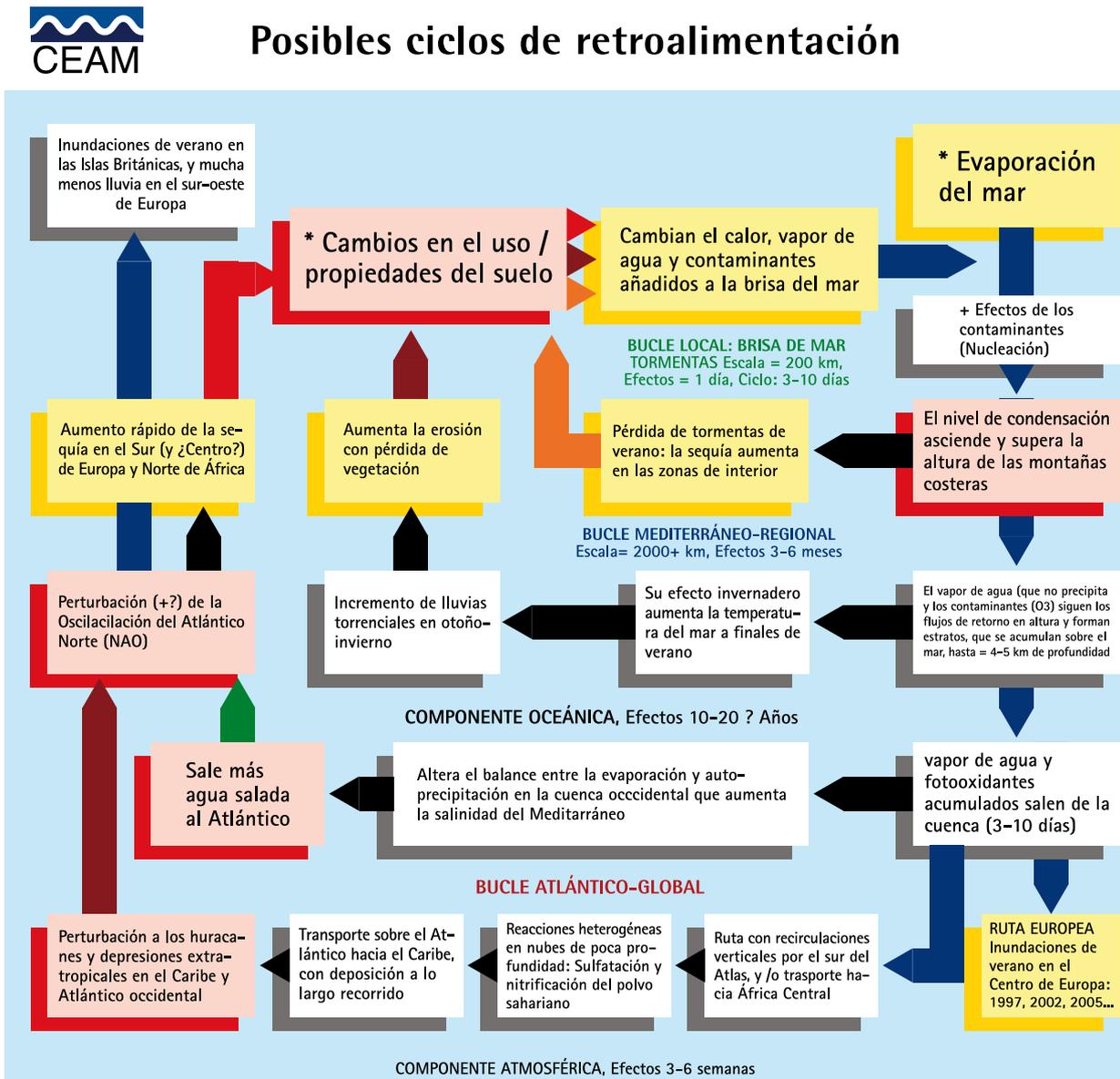


Figura 8. Bucles de retro-alimentación entre las perturbaciones de cambios de usos de suelo en la Cuenca Mediterránea Occidental y el sistema climático a escalas local, regional y global (Ulbrich et al. 2003; Hamelin 1989; Savoie et al. 1992; 2002; Prospero and Lamb 2003, Kemp-Shellhuber 2005; Gangoiti et al. 2006). El primer bucle, local, implica a las brisas marinas y las tormentas que se desarrollan por la tarde en las montañas costeras. Tiene un ciclo diario y una escala del orden de 100-300 km para el flujo de entrada en superficie y el flujo de retorno en altura, y se puede repetir de 3 a 10 días consecutivos en la Cuenca Mediterránea occidental. El bucle regional influye en la evolución de la temperatura de la superficie del mar en la cuenca occidental durante el verano. Este mar caliente, o más caliente por efecto de la contaminación y del vapor de agua de alto efecto invernadero, alimenta las lluvias torrenciales de otoño, y más recientemente también en invierno y primavera. Finalmente, el bucle atlántico-global tiene dos componentes que pueden afectar a la Oscilación del Atlántico Norte (NAO): la salida de agua más salada hacia el atlántico, y las posibles perturbaciones de las depresiones extra-tropicales y los huracanes en el Golfo de Méjico generados por cambios en las características del polvo sahariano transportado a través del atlántico. Las flechas azules marcan la ruta del vapor de agua y las negras los procesos que se derivan en cada estadio de la ruta. Los resultados finales se marcan en otros colores, y los umbrales críticos están recuadrados en rojo. De M. Millán.

Los cambios territoriales y, más recientemente, también los efectos de la contaminación del aire, se pueden combinar para superar los niveles umbral críticos de precipitación, es decir, la altura de los niveles de condensación de las nubes con respecto a la altura de las cadenas montañosas costeras. Esto da como resultado la pérdida de las tormentas veraniegas e inclina el clima regional hacia la desertificación y la sequía. Las modificaciones y las perturbaciones del ciclo hidrológico en cualquier parte de la cuenca podrían propagarse a toda la cuenca y regiones adyacentes y, en última instancia, al sistema climático mundial, a través de otros mecanismos. Estos suponen (Fig. 8): (1) un aumento de la ciclogénesis mediterránea en otoño-invierno a través del calentamiento acumulado (efecto invernadero) de la superficie marina por el vapor de agua y los agentes contaminantes (ozono) que se acumulan sobre el mar, (2) el envío de vapor de agua acumulado a otras regiones al término de cada ciclo de acumulación-recirculación de 3-10 días, que puede contribuir a las inundaciones de verano en Europa Central y del Este, y (3) cambios en el equilibrio evaporación-precipitación sobre el Mediterráneo, lo que aumenta su salinidad y activa la válvula de salinidad Atlántico-Mediterráneo.

Bajo régimen de brisas en el Mediterráneo, las masas de aire marino en verano necesitan con frecuencia de un suplemento de agua para generar precipitaciones en las montañas próximas a la costa. El hecho de que dimensionalmente este suplemento de agua pudiera ser aportado a través de la evapotranspiración de la franja costera ofrece un referente para orientar la gestión de los usos del suelo que pudiera tener implicaciones en el régimen de lluvias.

**La conservación y aumento de la masa forestal puede mejorar el régimen de precipitaciones en áreas en las que predomine la circulación local.**

## DESERTIFICACIÓN Y RESTAURACIÓN DE REGIONES ÁRIDAS

### 9. EL CASO DE LAS REGIONES SECAS: LA AMENAZA DE LA DESERTIFICACIÓN

La desertificación es la degradación del territorio en las regiones secas del mundo (CLD, www.unccd.int). La sequía es una de las causas de la desertificación. La otra es la sobre-explotación antrópica de los recursos naturales. La escasez de agua es la consecuencia de fenómenos naturales e inducidos por la actividad humana y se convierte en desertificación cuando es permanente (Tabla 3; Santos Pereira, 2004). En relación con el agua, la desertificación es un desequilibrio permanente en la disponibilidad de agua, que se combina con la degradación del suelo, un uso del suelo inapropiado, extracción de aguas subterráneas, salinización, aumento de las inundaciones catastróficas, pérdida de humedales y una reducción de la capacidad de carga de los ecosistemas. La degradación del suelo en clima seco reduce la infiltración de agua, a veces aumenta la salinización, y ambos procesos comportan una reducción de la disponibilidad de agua para las plantas. En síntesis, la desertificación es causada por la sobre-explotación de las tierras en condiciones secas, específicamente en clima árido, semiárido y seco subhúmedo.

Además de la desertificación actual debida a la sobre-explotación del territorio, el abandono de los cultivos en clima semiárido puede causar también degradación adicional de la tierra, con la destrucción de estructuras de conservación como las terrazas. En la cuenca Mediterránea, cuanto más seco es el clima, más lenta la recuperación de los ecosistemas degradados. Los ecosistemas perturbados se caracterizan por la pérdida neta de recursos (agua, suelo, nutrientes), por lo tanto su restauración se concibe para aumentar la captura de estos recursos y su conservación in situ (Ludwig & Tongway, 1995).

Tabla 3. Conceptos relacionados con la escasez de agua (extraído de Santos Pereira, 2004).

| Régimen xérico | Producido naturalmente | Inducido por la actividad humana |
|----------------|------------------------|----------------------------------|
| Permanente     | Aridez                 | Desertificación                  |
| Temporal       | Sequía                 | Estrés hídrico                   |

En estas regiones, la sequía unida a la degradación de las tierras por actividades humanas llega a producir la pérdida de cubierta vegetal, de capacidad de infiltración de agua en el suelo y, en consecuencia, de humedad del suelo, aumenta el riesgo de erosión y todo ello provoca mayor escasez de agua que, a su vez, retroalimenta los procesos de degradación de las tierras. Para romper estos ciclos de degradación que empeoran la disponibilidad de agua, los proyectos de restauración forestal deben mejorar el balance hídrico de los ecosistemas degradados (Fig. 9). En las tie-

rras semiáridas, las entradas directas de agua de lluvia en suelos superficiales, con frecuencia con baja infiltrabilidad, no permiten la colonización de plantas, sea natural o artificial. La mejora de la infiltración de agua, la capacidad de retención de agua del suelo, y la recolección de escorrentía son las principales estrategias para restaurar estas tierras semiáridas degradadas, las más amenazadas por la desertificación. Los cultivos abandonados en terraza generalmente se localizan en los suelos más profundos de las vertientes, por lo tanto constituyen puntos preferenciales para la restau-

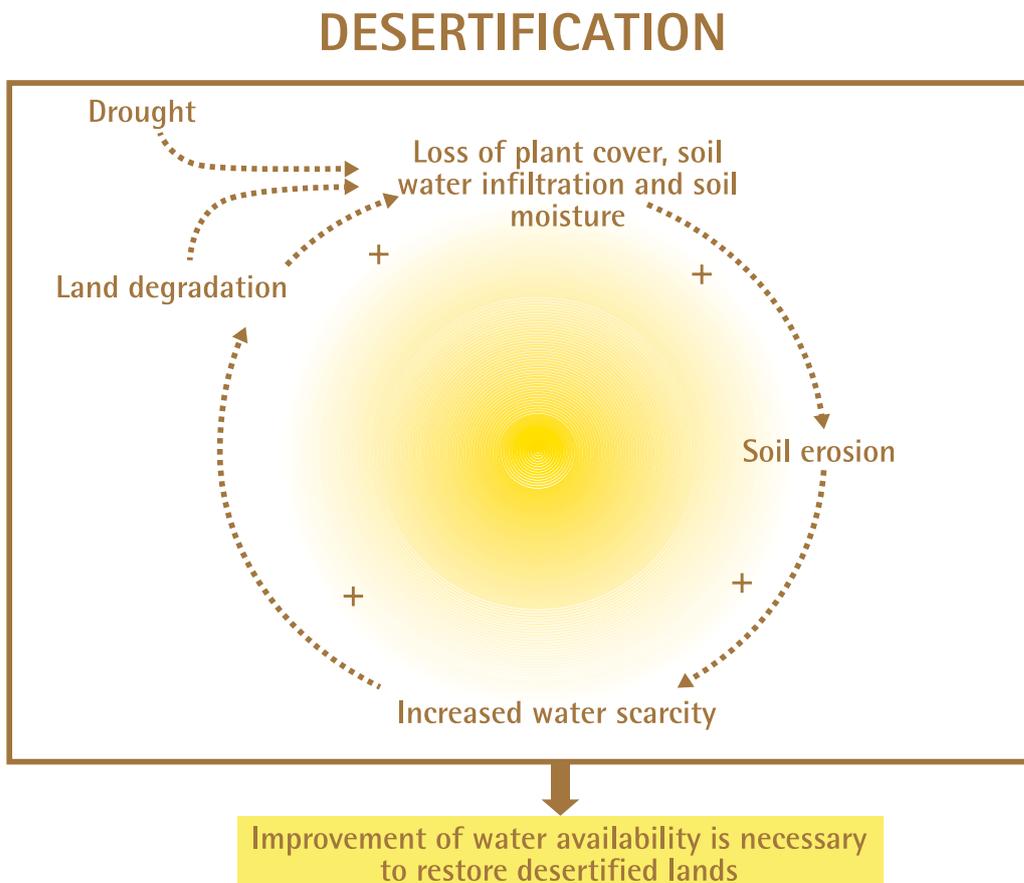


Figura 9. Ciclo de retroalimentación de la desertificación que comporta una creciente escasez de agua para los ecosistemas.

ración. Además, estas terrazas están sufriendo un proceso lento de degradación desde el abandono, por lo que su restauración es prioritaria para evitar el desarrollo de erosión lineal y cárcavas.

**La restauración de tierras degradadas en condiciones semiáridas se debe basar en la introducción de vegetación de acuerdo con los patrones naturales, con el objetivo de recuperar procesos funcionales pre-existentes a la escala del paisaje.**

La restauración de tierras degradadas en condiciones semiáridas se debe basar en la introducción de vegetación de acuerdo con los patrones naturales, con el ánimo de recuperar procesos previos a la escala del paisaje. Tales esfuerzos de restauración se pueden mejorar incorporando conocimientos sobre la heterogeneidad espacial de los recursos edáficos y la vegetación. Cuando la cubierta vegetal es muy baja, por debajo del 30%, los patrones espaciales de las propiedades de la superficie del suelo como compactación, costras físicas y fragmentos de roca son críticos para el establecimiento de los brinzales debido a su papel determinante en la redistribución de agua sobre la superficie del suelo y la dinámica de infiltración (Maestre *et al.* 2003). Cuando la vegetación no está tan degradada, las “islas de recursos” que se forman típicamente bajo las manchas de vegetación se pueden utilizar para aumentar el éxito del proyecto de restauración. Estas manchas fértiles son puntos de elevada actividad biológica, donde la facilitación con frecuencia predomina sobre las interacciones de competencia entre las especies de plantas, y, como han mostrado estudios recientes (Maestre *et al.* 2001), puede mejorar el establecimiento de brinzales, como en otras áreas degradadas en climas más húmedos o más fríos.

Los incendios forestales son una de las perturbaciones más importantes en los países del

Anejo IV (Mediterráneo Norte) de la Convención de Lucha contra la Desertificación (CLD) que puede requerir de proyectos de restauración para los montes quemados.

## 10. FORESTACIÓN CON MÚLTIPLES OBJETIVOS

La restauración forestal se ha llevado a cabo durante más de cien años para combatir la degradación de las tierras. En las primeras iniciativas, la forestación tenía como objetivo preservar las cuencas hidrográficas, reducir el riesgo de inundaciones, fijar dunas, y proporcionar empleos en el medio rural, así como madera y otros aprovechamientos. Se forestaron millones de hectáreas bajo estos supuestos en Europa desde finales del siglo XIX. Por lo tanto, la forestación era una práctica común para rehabilitar tierras degradadas en clima seco mucho antes de que se acuñara el término “desertificación” (en los años 1970). Más recientemente, los objetivos de los programas de forestación se han ampliado para abordar de forma explícita otras amenazas y objetivos globales, tales como la lucha contra la desertificación y el cambio climático, y mejorar la biodiversidad.

Desde los primeros trabajos de restauración, varios elementos han cambiado de forma sustancial. La concepción de la restauración forestal, generalmente reducida a la forestación/reforestación, tenía un objetivo esencial doble: preservar los recursos edáficos e hídricos, y aumentar la cubierta forestal arbolada. Para estos objetivos, la restauración se llevaba a cabo a través de plantaciones monoespecíficas, utilizando en general pinos (u otras coníferas) debido a su carácter frugal, rápida recuperación de la cubierta arbórea y fácil gestión, así como la perspectiva de algún rendimiento económico para la población local. Las especies exóticas se utilizaron en ocasiones, menos en la vertiente mediterránea que en la atlántica de la Península Ibérica. Desde aproximadamente los años 1970, los cambios socioeconómicos operados en el Sur de Europa modificaron de forma sustancial las demandas sociales de los bosques

y de los montes en general. Mientras que la producción extractiva era todavía importante en las tierras de mejor calidad, otros objetivos fueron emergiendo: 1) la lucha contra la desertificación, que incluiría las acciones previas de protección hidrológico forestal de cuencas, aunque ampliando las perspectivas a la escala de ecosistema y paisaje; la prevención de incendios y la restauración post-incendio apareció como un tema prioritario desde el último cuarto del siglo XX ; 2) el uso recreativo y cultural del monte ha superado el interés productivo en muchas regiones, a partir de los años 1960; 3) la mejora de la biodiversidad introduce un nuevo marco de referencia para los proyectos de restauración, especialmente a partir de los años 1980; 4) la mitigación del cambio climático está siendo un objetivo importante desde los años 1990, que puede abordarse aumentando las superficies forestales que fijarían carbono atmosférico. Finalmente, el cambio del peso de los objetivos de producción directa frente a otros objetivos de la conservación y restauración de bosques, que producen bienes y servicios sin valor actual de mercado (externalidades), introduce un nuevo marco económico de referencia. Parece claro que las estrategias y técnicas de restauración forestal deben adaptarse a este nuevo marco social. La restauración ecológica es un campo del conocimiento emergente que se dirige a promover la recuperación de un ecosistema degradado, dañado o destruido.

Como ejemplo de la evolución de las estrategias, la forestación tradicional basada en plantar una única especie arbórea, dentro de un reducido elenco de especies, está evolucionando a una forestación pluriespecífica, basada en un amplio conjunto de especies para ajustarse a la gran diversidad potencial de hábitats, estados de degradación de los montes, y diversidad de objetivos específicos de gestión. Las especies autóctonas ofrecen un alto potencial para restaurar ecosistemas degradados. Las especies herbáceas, arbustivas y arbóreas autóctonas se deben utilizar según el estado de degradación específico del ecosistema y de los objetivos de gestión y planificación abordados.

**Las especies autóctonas ofrecen un alto potencial para restaurar ecosistemas degradados, para responder a la gran diversidad potencial de hábitats, estados de degradación de los montes y diversidad de objetivos específicos de gestión.**

Como consecuencia de la situación cambiante, los proyectos de restauración forestal recientes responden en su concepción a una gama variada de objetivos, tanto nuevos como tradicionales, y su desarrollo técnico puede ser asimismo muy diverso, incluso contradictorio entre un país o región y otro/a. Parece claro que la eficacia de las iniciativas de restauración se puede mejorar a través de la evaluación y diseminación de las tecnologías que han demostrado su viabilidad técnica, ambiental y económica, y que son socialmente aceptables.

Las técnicas de restauración forestal generalmente incluyen repoblaciones. La mayor dificultad para restaurar ecosistemas degradados en clima seco es el estrés hídrico. Por lo tanto, las técnicas de forestación deben mejorar el uso del agua por parte de las plantas introducidas, así como la captura de agua y su conservación en el ecosistema restaurado (Vallejo *et al.*, 1999). Este objetivo afecta a todos los pasos a lo largo del proceso de restauración forestal (plantación en este ejemplo): producción de brinzales de calidad en vivero, preparación y enmienda del suelo, utilización de tubos protectores, tratamientos de la vegetación existente en el monte, y silvicultura post-plantación.

**Las técnicas de forestación deben mejorar el uso del agua por parte de las plantas introducidas, así como la captura de agua y su conservación en el ecosistema restaurado**

La mortalidad de los brinzales se produce en general durante el primer verano en el campo, cuando las raíces del brinzal no han colonizado suficientemente el suelo con lo que sufren un fuerte estrés hídrico. El crecimiento de la raíz fuera del cepellón y la colonización rápida y profunda del suelo son factores críticos para la supervivencia del brinzal. La causa primaria de la mortalidad de los brinzales es la sequía, agravada por la baja capacidad de retención de agua de los suelos que suelen ser superficiales y pedregosos. Tomando en consideración estas limitaciones, se han desarrollado diversas técnicas para superar el estrés hídrico post-plantación (Vallejo *et al.*, 2000; Vallejo *et al.*, 2006).

## Opciones para optimizar el uso del agua en plantaciones en regiones secas

### Selección de especies y genotipos

La selección de especies en los proyectos de restauración debe tomar en consideración su compatibilidad ecológica con el hábitat a restaurar y su contribución a los objetivos específicos de la restauración (Tabla 4). Los programas de restauración recientes han promovido la utilización de especies y genotipos locales, en la medida en que se pretende la recuperación de los ecosistemas autóctonos (SERI, 2004). Otra razón para priorizar el uso de especies nativas es su adaptación a las condiciones locales. Sin embargo, este supuesto no necesariamente se cumpliría si se considera el cambio climático (Bakkenes *et al.*, 2002). Las regiones secas han experimentado temperaturas inusualmente altas y sequías en las últimas décadas (De Luis *et al.* 2000). En algunas áreas, estas condiciones han sido demasiado extremas para algunas especies, resultando en mortandades masivas (Peñuelas *et al.*, 2001). Los eventos climáticos extremos no afectan a todas las especies en todas las áreas de forma homogénea. Las especies que están próximas a su límite climático deben ser más vulnerables. Especies de matorrales esclerófilos originadas de los bosques laurifolios terciarios

que se adaptaron a climas secos pueden ser particularmente sensibles a los cambios en los volúmenes de precipitación y su distribución (Valladares *et al.*, 2004). Es por lo tanto necesario explorar si la flora actual puede ser capaz de adaptarse a los futuros escenarios climáticos y, especialmente, determinar si las funciones vitales de los ecosistemas van a sostenerse.

Las especies exóticas pueden jugar un papel en la restauración ecológica en la medida en que cumplan algunos requisitos, particularmente un bajo riesgo de naturalización (Ewel and Putz, 2004). Se han utilizado extensivamente en regiones secas cuando la prioridad se centraba en la producción de forraje, leñas y otros productos forestales (Dumancik and Le Houérou, 1980; Forti *et al.*, 2006).

Los genotipos también pueden diferir en su capacidad para soportar la sequía. Por ejemplo, estudios sobre el alcornoque (*Quercus suber*) realizados en la Universidad de Alicante (T. Bitinas, datos no publicados) mostraron que la eficiencia en el uso del agua (WUE, la capacidad de fijar C por unidad de agua transpirada) en brinzales bien regados variaba entre 1,1 y 8,5  $\mu\text{mol CO}_2$  (mmol  $\text{H}_2\text{O}$ )<sup>-1</sup>. Si estas diferencias se mantuvieran, los brinzales de la familia altamente eficiente transpirarían en promedio 7,7 veces menos agua para producir la misma cantidad de materia orgánica que los brinzales menos eficientes. Estos brinzales respondieron de forma diversa a la sequía, algunas familias aumentaron y otras disminuyeron la WUE.

**La variabilidad genotípica ofrece posibilidades de adaptación en la selección de plantas para la restauración en la perspectiva del cambio climático.**

**Tabla 4.** Características morfo-funcionales de las plantas que contribuyen a objetivos específicos de restauración. Los puntos 1 a 4 están directamente relacionados con la producción y calidad de agua. Modificado de Cortina et al. (2006).

| OBJETIVO DE RESTAURACIÓN   | CARACTERÍSTICAS DE LA PLANTA   |
|--|--|
| 1. Control hidrológico   | Alta cobertura, eficiencia en el uso de agua, alta infiltración  |
| 2. Protección del suelo  | Alta tasa de crecimiento, crecimiento horizontal, capacidad reproductiva precoz y elevada, reproducción vegetativa   |
| 3. Diversidad genética, plasticidad fenotípica, evitar la depresión endogámica | Diversidad de genotipos, procedencias  |
| 4. Resistencia al estrés actual y futuro                                       | Plasticidad fenotípica, características morfo-funcionales asociadas con la resistencia y la resiliencia frente a la sequía, heladas, contaminación                                       |
| 5. Resistencia y resiliencia del ecosistema frente a perturbaciones            | Capacidad de rebrote, contenido relativo en agua elevado, serotinia, banco de semillas persistente, defensas frente a plagas y enfermedades  |
| 6. Sostener poblaciones de herbívoros  | Alta palatabilidad, tolerancia al ramoneo  |
| 8. Sostener poblaciones de animals frugívoros y granívoros                     | Producción prolongada de altas cantidades de de semillas y frutos  |
| 9. Mejorar la fertilidad del suelo   | Alta productividad, fijación de nitrógeno, sistemas de raíces fibrosos, sistemas de raíces profundos   |
| 10. Ingeniería del ecosistema, construcción del nicho                          | Características asociadas con cambios en el flujo de agua, radiación y nutrientes, complejidad estructural   |
| 11. Producción de bienes forestales  | Alta tasa de crecimiento, troncos rectos, madera de calidad, producción de resina, trementina, especies y variedades melíferas, especies truferas y asociadas a otros hongos comestibles |
| 12. Estética   | Alta/baja tasa de crecimiento, forma, cambios cromáticos, producción de flores y frutos  |

### Prácticas viverísticas

El establecimiento de las plantas y su desarrollo a largo plazo, y por lo tanto su capacidad de soportar la sequía en regiones secas, depende mucho de la calidad de los brinzales (Cortina et al., 2006). En este sentido, se han adoptado recientemente normativas por parte de las admi-

nistraciones públicas sobre la calidad de los brinzales de especies leñosas (CE Directive 2006/21/CE, Gobierno español RD 289/2003, Generalitat Valenciana Orden 19/02/1997). Estas normativas aseguran niveles mínimos de calidad de planta. Sin embargo, dentro de los rangos definidos por la legislación y las prácticas comunes, no está claro qué rasgos morfo-funcionales están asociados

con un mejor resultado en las plantaciones. Una revisión reciente para especies mediterráneas mostró que es difícil generalizar sobre la relación entre la calidad del brinzal y su tamaño, distribución de biomasa a las raíces o contenido en nutrientes (Navarro *et al.*, 2006). Estos resultados no son de extrañar ya que la calidad del brinzal debe ser muy dependiente de la estrategia de la especie y de las condiciones de la estación. Sin embargo, hay un cierto consenso en la necesidad de producir plantas con altos contenidos en carbono, nutrientes y reservas de agua, y una maquinaria fotosintética completamente operativa, que permitan una rápida colonización del suelo después de la plantación.

Avances recientes en la práctica viverística han incorporado protocolos para reducir el consumo de agua que incluyen sistemas de riego eficientes, reciclado del agua, siembra tardía y utilización de semillas pre-germinadas para reducir el tiempo de cultivo en el vivero, y reducción de la cantidad y frecuencia del riego para pre-acondicionar los brinzales a la sequía. Cuando tiene éxito (depende mucho de la plasticidad de la especie), el pre-acondicionamiento tiene la ventaja de producir brinzales de alta calidad al tiempo que se ahorran cantidades de agua sustanciales.

El cultivo en vivero se debe adaptar a las características específicas a lo largo del proceso de crecimiento del brinzal. Por ejemplo, las especies *Quercus* desarrollan muy pronto una raíz pivotante, poco ramificada, con mayor biomasa radicular que aérea, en contraste con los pinos. El grupo CEAM ha ensayado contenedores profundos para facilitar el desarrollo de la raíz pivotante en la fase de arraigo; el objetivo es facilitar que la raíz pivotante alcance rápidamente los horizontes profundos del suelo donde puede encontrar un mínimo de humedad, incluso en verano (Chirino *et al.*, 2008).

### **Creación de un suelo colonizable por las raíces**

En campo, los esfuerzos se dirigen a crear un medio apropiado para la colonización radicular y

la captura de recursos. El reto consiste en preparar el terreno para facilitar el arraigo de los brinzales sin producir un impacto negativo en el paisaje.

La aplicación de enmiendas orgánicas también puede ayudar al establecimiento de las plantas en la medida que los suelos degradados con frecuencia son pobres en materia orgánica, nutrientes y capacidad de retención de agua (Valdecantos *et al.*, 2006). Los lodos de depuradora y los residuos sólidos urbanos se ha utilizado con éxito para mejorar el crecimiento de los brinzales (Valdecantos *et al.*, 2004; González-Barberá *et al.*, 2005), y ya existen prescripciones técnicas para su utilización eficiente y ambientalmente segura (Bailly *et al.*, 2004; Valdecantos *et al.*, 2004). Estudios recientes sobre pino carrasco (*Pinus halepensis*) adulto han mostrado que las enmiendas orgánicas pueden mejorar la eficiencia en el uso del agua como resultado de una mejora de su estado nutricional (Querejeta *et al.*, 2008). Las enmiendas orgánicas pueden tener efectos negativos en las plantas debido a un aumento de la salinidad, agrietamiento del suelo y aumento de la competencia con la vegetación pre-existente. Estos factores explican porqué muchos estudios han observado resultados negativos, o sin efecto, en la supervivencia de los brinzales tras la aplicación de lodos. No obstante, en general estas aplicaciones aumentan los crecimientos: en condiciones de ombroclima mediterráneo seco, la adición de biosólidos compostados favorece el crecimiento del brinzal a dosis moderadas, del orden de 20-30 Mg (peso seco) ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup> (Fuentes *et al.*, 2007).

### **Mejora de las condiciones de micro-hábitat**

El desarrollo del brinzal se puede desequilibrar por un exceso de radiación y temperatura. Muchos tipos de tubos protectores están disponibles en el mercado para evitar dichos efectos (Bellot *et al.* 2002; Oliet *et al.* 2003). La ventilación es necesaria para evitar temperaturas excesivas y mantener elevadas concentraciones atmosféricas de CO<sub>2</sub> (Jiménez *et al.* 2005). Los tubos pueden promover



Figura 10. Brinzal de encina dentro de un tubo protector, Ayora (Valencia, España). CEAM.

las heladas ya que las temperaturas mínimas de invierno son algo inferiores dentro del tubo (Oliet *et al.* 2003). La sombra que proporciona el tubo reduce la foto-inhibición, también produce una reducción de la transpiración de los brinzales, y por lo tanto la demanda de agua, y promueve el crecimiento en altura (Fig. 10 y 12).

Las ramas apiladas sobre el suelo pueden ser una alternativa económica para proporcionar sombra y generar un micro-hábitat favorable al establecimiento del brinzal (Ludwig and Tongway, 1996). Aunque no es tan eficiente en evitar el exceso de radiación como los tubos protectores, tienen algunas ventajas. Generan un ambiente de radiación heterogéneo que se asemeja a las condiciones naturales y puede permitir una aclimatación gradual a la exposición a pleno sol. Al estar en contacto íntimo con la superficie del suelo, las ramas pueden retener partículas, semillas, agua y nutrientes disueltos transportados por las aguas de escorrentía y por el viento. Finalmente, las ramas contribuyen a mejorar la fertilidad del suelo según se van descomponiendo.

### Métodos de riego eficientes y de bajo coste para condiciones extremas

En zonas desérticas, la disponibilidad de agua es muy limitada y su transporte es caro. El requerimiento de agua por una pequeña planta es de solo 1-2 l al mes. Existen métodos de riego tradicionales en muchas partes del mundo que se orientan a utilizar las mínimas cantidades de agua imprescindibles a la supervivencia y crecimiento de las plantas introducidas. Estos sistemas de riego alternativos y poco conocidos mejoran el crecimiento de las plantas incluso en condiciones desérticas (Bainbridge, 2007). El riego suplementario se debe aplicar cuanto más tiempo mejor, del orden de una vez cada dos semanas durante los tres primeros meses y luego una vez al mes durante dos veranos. El coste de estos sistemas es modesto comparado con el coste total de una plantación en un sitio remoto. A continuación se presentan los métodos tradicionales y nuevos que demostrado mayor efectividad.

**En condiciones de extrema aridez, el riego temporal puede ser imprescindible para garantizar el arraigo de los brinzales y su crecimiento inicial. Existen diversas técnicas eficientes, de bajo coste y bajo consumo de agua, que han demostrado su efectividad en diversas regiones áridas del mundo.**

### Riego con tubo profundo

Este sistema utiliza un conducto vertical abierto para concentrar el agua de riego en la zona de enraizamiento profunda (Bainbridge and Virginia, 1990). Experimentos realizados en África han demostrado que este método es mucho más eficiente que el riego con gotero superficial (Sawaf, 1980). El riego con tubo profundo desarrolla mucho mayores volúmenes de raíces que otras formas de riego y ayuda al desarrollo de una planta mejor aclimatada a sobrevivir una vez cesa el riego tras el arraigo. El sistema puede utilizar materiales simples y mano de obra no cualificada, sin la utilización de agua a presión. Los tubos profundos mejoran la eficiencia en el uso del agua debido a la baja evaporación y a la nula pérdida de agua por escorrentía en las vertientes, y también mejoran el control de malas hierbas.

### Vasijas de arcilla enterradas

Se utilizan vasijas cerradas de arcilla no vitrificadas rellenas con agua para producir un suministro estable de agua a las plantas que crecen cerca (Bainbridge, 2001). El agua exuda a través de las paredes de la vasija a una velocidad que es en parte determinada por su velocidad de absorción por las raíces. Este proceso comporta un riego muy eficiente.

El suministro de agua controlado de la vasija proporciona a los brinzales un riego estable incluso en épocas de muy altas temperaturas, baja humedad y vientos desecantes. El sistema funciona

especialmente bien en suelos arenosos y pedregosos que drenan rápidamente. También es un buen método para la siembra directa. Investigadores de Pakistán utilizaron las vasijas enterradas para establecer acacias y eucaliptos en una zona con 200 mm anuales de precipitación (Shiek'h and Shah, 1983). Los árboles regados con las vasijas crecieron un 20% más que los que recibieron la misma cantidad de agua manualmente y la supervivencia aumentó de un 62% a un 96,5%. Los suelos afectados por salinidad o donde sólo hay agua salina disponible para el riego también han demostrado el interés del riego mediante vasija de arcilla enterrada (Mondal, 1984).

### Riego con mecha

Los sistemas con mecha se utilizaron por primera vez en la India en combinación con las vasijas de arcilla enterradas (Mari Gowda, 1974). Se practicaron uno o varios agujeros en la vasija enterrada y se insertó una mecha porosa de algodón en el agujero. De esta forma, la mecha transporta lentamente el agua al suelo de manera que promueve el desarrollo de las raíces. Las mechas se pueden alimentar por capilaridad o por gravedad. Los sistemas por capilaridad utilizan una mecha en un tubo que emerge por encima del nivel de agua: el movimiento de agua es lento pero estable. En el sistema por gravedad la mecha se coloca por debajo del nivel de agua que fluye a través de la mecha.

### Cápsulas porosas

La cápsula porosa es una adaptación moderna de las vasijas de arcilla enterradas (Silva *et al.*, 1985). Se fabrican con arcilla poco cocida y se pueden conectar a una red entubada de forma más fácil que las vasijas (Fig. 11). Son efectivas pero más caras de fabricar y de instalar que las vasijas y que los tubos profundos. Se deben conectar dos tubos a cada cápsula para permitir la salida del aire cuando entra el agua.



Figura 11. Cápsula porosa hecha con macetas de arcilla con un depósito de 20 litros. Fotografía D.A. Bainbridge.

### Manguera porosa

Este método utiliza una manguera porosa colocada verticalmente para humedecer la columna del suelo. Se puede instalar antes de la plantación utilizando un sistema de perforación a casi cualquier profundidad deseada (dependiendo del suelo y la pedregosidad). También se puede poner después de la plantación. Se conecta a una botella de agua o a un depósito y a un sistema de distribución.

### Recolección de agua de escorrentía

La preparación del suelo mediante las técnicas de recolección de escorrentía aumenta los aportes de agua para los brinzales introducidos. La técnica consiste en canalizar la escorrentía superficial de una superficie de impluvio, mediante dos surcos superficiales, hacia el hoyo o banquetta de plantación donde se introduce el brinzal (Fig. 12). El conjunto constituye una microcuenca de capta-

ción de agua. La construcción de la banquetta y la distribución de las microcuencas en la ladera se debe calcular de manera que los volúmenes de impluvio puedan ser absorbidos en su mayor parte por las banquettas, que en cualquier caso se deben diseñar con un desagüe lateral que impida la rotura del caballón frontal y produzca un reguero sobre la máxima pendiente (De Simón *et al.*, 2004). De esta manera, la planta recibe un riego natural suplementario durante el tiempo en que los surcos se mantienen funcionales y la capacidad de infiltración de agua en el hoyo de plantación es elevada, entre 1-2 o más años.

### Interacciones con otros organismos

El uso de interacciones entre especies es una de las áreas de mayor desarrollo actual en la restauración de tierras secas. Se han observado múltiples interacciones ecológicas positivas (Azcón and Barea, 1997; Callaway, 2003; Maestre *et al.*, 2001; Gómez-Aparicio *et al.*, 2004) que abren vías



**Figura 12.** Recolección de agua de escorrentía en repoblaciones forestales. El brinzal está protegido por un tubo. Proyecto de demostración de Albaterra (Alicante, España). DGB (Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino) - Generalitat Valenciana - CEAM.

de progreso en el aprovechamiento de las comunidades existentes en la estación sujeto de restauración. Conviene recordar que las interacciones de facilitación ya estaban incorporadas en el conocimiento tradicional,. Por ejemplo, a principios del siglo XX se utilizaron hileras de cultivos de cereal, de gramíneas y de ramas para dar sombra a los brinzales introducidos en el levante español (Mira-Botella, 1929).

El uso de hongos micorrícicos, con la selección de especies y cepas, también se ha desarrollado para mejorar la calidad de los brinzales, incluyendo su capacidad para soportar la sequía (Querejeta *et al.*, 2007), y puede ser de interés para suelos donde los propágulos fúngicos están ausentes.

Los animales pueden jugar un papel clave en la dinámica de la comunidad y el funcionamiento del ecosistema. Algunos estudios sugieren que el uso de perchas artificiales para promover la visita

de pájaros dispersores de semillas (Zanini and Gagnade, 2005), la introducción de fauna edáfica y enmiendas orgánicas para mejorar las propiedades del suelo (Roose *et al.*, 1999).

### **Prioridades para luchar contra la desertificación**

Los esfuerzos de restauración deben priorizar las áreas más sensibles en términos de riesgo de desertificación. Una vez identificadas las áreas sensibles, el siguiente paso sería definir las condiciones umbral de degradación que permitan una restauración con éxito, tanto en términos técnicos, como económicos y sociales. Es muy arriesgado llevar a cabo costosos y extensos programas de forestación en montes muy degradados, sin una previsión consistente de las posibilidades de éxito. Un tercer paso sería diseñar técnicas específicas de mitigación y restauración para estas áreas extre-

madamente sensibles, incluyendo tanto medidas activas como pasivas, relacionadas con las fuerzas motrices causantes de la degradación (desertificación activa) o con las perturbaciones pretéritas que aún promueven la desertificación. La base de partida para estas actividades debería ser un análisis a fondo de las acciones de restauración realizadas en el pasado en las regiones más sensibles y degradadas. En el mismo sentido, el seguimiento y la elaboración de bases de datos deberían ser componentes esenciales de todos los proyectos de restauración.

## LA PLANIFICACIÓN DEL TERRITORIO PARA OPTIMIZAR LOS RECURSOS HÍDRICOS

### 11. ¿PLANIFICAR LOS USOS DE SUELOS PARA GESTIONAR EL AGUA O PLANIFICAR EL AGUA PARA LA GESTIÓN DEL TERRITORIO?

El ciclo del agua se ve afectado por la mayoría de las actividades que se desarrollan en el territorio de una manera u otra, aunque estas actividades pueden no tener objetivos específicos relacionados con el agua. El agua es un recurso crítico para la sociedad humana y para los ecosistemas, tanto en términos de cantidad como de calidad, y en algunos casos es el factor más limitante para el desarrollo. Por lo tanto, el ciclo del agua es un tema horizontal que debe ser considerado en todas las actividades de gestión del territorio, y específicamente en su planificación.

Las primeras grandes civilizaciones desarrolladas en tierras áridas, como la caviación sumeria en Mesopotamia, se basaron en una gestión innovadora de los recursos hídricos, Siglos después, la degradación de las tierras causada a largo plazo por el riego provocó la destrucción de esta civilización extraordinaria. Por lo tanto, las interacciones entre el agua y la tierra pueden derivar en dinámicas imprevistas que pueden causar impactos catastróficos a la sociedad humana. A lo largo de la historia, el desarrollo humano en las tierras

áridas se ha visto limitado por la escasez de agua. El desarrollo excesivo sin una previsión de la disponibilidad de agua ha dado lugar a la desertificación de regiones áridas, disminuyendo la productividad de las tierras y reduciendo la capacidad de regulación hídrica. En las peores situaciones, la desertificación genera una pérdida irreversible de la productividad de las tierras. Por lo tanto, la gestión del agua afecta la productividad de las tierras y los procesos a la escala del paisaje, y los usos de suelos afectan al ciclo del agua. El reto que se plantea es una planificación razonable de los usos de los suelos y de la gestión del agua para satisfacer las demandas de agua y conservar los recursos naturales.

**El reto del desarrollo es una planificación razonable de los usos de los suelos y de la gestión del agua para satisfacer las demandas de agua y conservar los recursos naturales.**

### 12. LAS PERSPECTIVAS DE LOS CAMBIOS DE USOS DE SUELOS Y SUS CONSECUENCIAS EN EL BALANCE HÍDRICO: EL CASO ESPAÑOL

El desarrollo de diferentes escenarios de ocupación del suelo es fundamental para el análisis de los efectos previsibles sobre el ciclo hidrológico. Determinadas categorías de ocupación del suelo suponen un capital no reemplazable, ni sustituible. El caso de la urbanización es especialmente irreversible, y es elevada en deforestación o pérdida de humedales (Pearce, 1993).

Se pueden asumir las interacciones básicas entre las diferentes coberturas del uso del suelo y el ciclo hidrológico:

► La vegetación natural y, especialmente, la cubierta forestal es protectora del suelo y afecta a la infiltración del agua de lluvia, el desarrollo radicular establece la estructura de las partículas y poros del suelo, lo que influye directamente en las

tasas de infiltración y en las tasas de retención de agua, además de aumentar la evapotranspiración y disminuir la escorrentía.

► Las superficies agrícolas poseen diferentes tasas de infiltración, escorrentía y evapotranspiración. Los cultivos de regadío son los que presentan mayores impactos negativos en el ciclo hidrológico, las elevadas demandas de agua afectan a la calidad del agua, por el uso de fertilizantes y fitosanitarios, y cantidad de agua disponible, ya que suponen las mayores demandas (80% del total demandado en España).

► Las zonas sin cubierta vegetal y excesiva pendiente facilitan procesos de erosión, con un aumento de las escorrentías y una disminución de la infiltración.

► La urbanización modifica el ciclo hidrológico aumentando las escorrentías y ocupando en muchas ocasiones zonas agrícolas de interés y fragmentando el paisaje (Henríquez y Azocar, 2000). Por otra parte, genera unas demandas que implican, una vez concedidas, fuertes garantías de uso.

En el análisis de los cambios de ocupación del suelo (Tabla 5) se ha utilizado la información disponible sobre el estado actual y los cambios de ocupación del suelo producidos en España, procedente del proyecto CORINE Land Cover (CLC). Para la información de los usos del agua y su relación con el consumo asociado a diferentes coberturas de suelo de interés se han utilizado estadísticas disponibles en el INE (Instituto Nacional de Estadística). También se han utilizado las diferentes simulaciones realizadas por el grupo de Análisis Económico del Ministerio de Medio Ambiente, publicados en los diferentes informes (2007a, 2007b) y por el grupo de la Universidad de Córdoba sobre estimaciones del consumo de agua en las zonas agrarias (Berbel, 2007). Se observa que se han producido cambios muy rápidos en el territorio, con importantes implicaciones ambientales, económicas y sociales. Los cambios más profundos, y posiblemente trascendentes, son los relacionados con dos procesos: la creación de superficies artificiales y zonas de regadío. Se debe considerar la localización espacial de estos cambios que influye activamente sobre las restricciones o limitaciones

**Tabla 5.** Procesos observados en los cambios de ocupación del suelo 1987-2000 en los tipos de uso del suelo del nivel 1 del CLC (Corine Land Cover) excepto clase 5 y su efecto sobre el ciclo hidrológico. Fuente: elaboración propia a partir de datos de Cambios en la Ocupación del suelo en España (OSE, 2006).

| TENDENCIAS OBSERVADAS   |  | EFECTOS SOBRE EL CICLO HIDROLÓGICO  |
|---|--|---|
| <p><b>Superficie artificial</b></p> <p>► 2,1% de la superficie total</p> <p>► Fuerte incremento, con gran dinamismo en el litoral</p> | <p>Incremento de un 29,5% de superficies artificiales con un alto desarrollo sobre tierras de labor y cultivos permanentes, zonas cubiertas por pastizales (20.879 ha), vegetación esclerófila (18.577 ha) y bosques (14.854 ha). El importante ritmo de artificialización del suelo en el interior y la franja litoral de España peninsular tiene un carácter marcadamente irreversible que provoca efectos ambientales negativos sobre recursos ambientales como el agua, atmósfera y ecosistemas. Han afectado negativamente a los humedales de la costa.</p> | <p>Puntos de demanda con altas garantías de uso (MMA, 2006)</p> <p>Aumento de escorrentía y disminución de recarga de acuíferos.</p> <p>Efectos en la calidad de las aguas (MMA, 2005)</p> <p>Rápido crecimiento de la población unida a la problemática creciente entre distintos usuarios y distintas administraciones regionales o locales por el uso y el reparto del agua (Machos y Evan, 2003)</p> <p>Estacionalidad en el uso por uso turístico</p> <p>Escasez de depuración de aguas residuales en tratamiento terciario.</p> |

| TENDENCIAS OBSERVADAS   |  | EFFECTOS SOBRE EL CICLO HIDROLÓGICO   |
|---|--|---|
| <b>Superficie agraria</b><br>▶ 49,9% de la superficie total<br>▶ Importantes transformaciones internas                  | Ligero descenso de las zonas agrícolas con intensificación en el tipo de cultivos: aumento de regadíos, descenso de secanos, abandono de zonas agrícolas marginales y pérdida de zonas agrícolas heterogéneas.<br>La mayor parte de la pérdida de suelo agrícola se produce por el paso a superficies artificiales, y en menor medida a forestal desarbolado y espacios abiertos, y bosque.  | Política de expansión de regadíos para buscar mayor productividad y diversificación (MMA, 2006).<br>Aumento del consumo de agua.<br>Descenso de la calidad del agua por uso de fertilizantes y pesticidas.<br>Aumenta la evapotranspiración por aumento de la biomasa vegetal tras abandono rural |
| <b>Superficie forestal y otras superficies</b><br>▶ 47,1% de la superficie total<br>▶ Fuertes transformaciones internas | Ligera reducción por aumento de superficies artificiales, de zonas agrícolas. a pesar de la colonización sobre zonas agrícolas en zonas marginales. Importantes superficies quemadas.<br>Disminución de glaciares y zonas de nieves permanentes, que pueden estar relacionadas con el proceso global del cambio climático o con distintos ciclos climáticos cortos.<br>Fuertes intercambios dentro de la clase.  | Efectos sobre la infiltración y percolación, aumento de la escorrentía.<br>Efectos sobre evapotranspiración.<br>Disminución de recursos hídricos.   |
| <b>Zonas Húmedas</b><br>▶ 0,2% de la superficie total<br>▶ Ligera disminución   | Los humedales y zonas pantanosas han sido sustituidos en parte por zonas agrícolas (40%, en su mayor parte regadíos), el 25% por salinas (25%) y embalses (18%).<br>El 80% de las lagunas costeras y estuarios que ha desaparecido ha sido reemplazada por zonas industriales, comerciales y de transporte y el 45 % de las marismas que han sido reemplazadas por otras ocupaciones del suelo se han transformado en salinas, el 26% en zonas agrícolas y el 25% en superficies artificiales. | Efectos de disminución de caudales<br>Disminución de la disponibilidad de aguas subterráneas por la sobreexplotación de acuíferos (Vlachos y Evan, 2003)  |
| <b>Láminas de agua</b><br>▶ 0,7%<br>▶ Incremento  | Aumento de superficies artificiales por construcción de embalses (20%) a partir de zonas forestales con vegetación natural (casi el 60%).  | Aumento de evaporación.<br>Aumento de la capacidad de almacenamiento (MMA, 1998)  |

económicas, sociales y ambientales, las garantías de uso o probabilidad de asegurarlo por parte del sistema de gestión.

España es uno de los países con más crecimiento de la superficie artificial (ritmo medio anual de 1,9%), junto a Irlanda y Portugal, muy por encima de la media de los 23 países del programa

CLC2000 (proyecto Corine Land Cover 2000 relativo a la comparación de la ocupación del suelo entre los años 1990 y 2000) de un 0,68% (AEMA, 2005). El tipo de crecimiento económico (dependiente de sectores de altos consumos de suelo, como la construcción, el transporte y el turismo), la consolidación y profundización del nuevo modelo de urbanización dispersa y la fuerte inver-

sión en infraestructuras de transporte durante el período 1987-2000, son las causas principales. El importante ritmo de artificialización del suelo en el interior y la franja litoral de España tiene un carácter marcadamente irreversible que provoca efectos ambientales negativos sobre recursos ambientales como el agua, atmósfera y ecosistemas.

En España, la superficie de terrenos regados permanentemente ha aumentado (10,3%), como resultado de la relación entre la transformación de zonas forestales con vegetación natural y espacios abiertos a zonas agrícolas, por un lado, y la pérdida de zonas agrícolas que se transforman en superficies artificiales por otro.

El uso del agua ha crecido más o menos exponencialmente con el crecimiento de la población y el desarrollo industrial (Vörösmartry y Sahagian, 2000). En España se prevé un incremento de la población en los próximos decenios que determinarán un incremento del consumo del agua.

### **Competencia entre superficie artificial, superficie de regadíos y zonas húmedas naturales**

Además de los consumos de agua de las superficies de regadío y de las superficies artificiales, se está produciendo una competencia entre diferentes tipos de ocupación del suelo relacionados con el agua. Así se observan distintos procesos de sustitución de zonas de regadío por zonas artificiales. El proceso comienza en muchas ocasiones creándose un regadío a partir de secano y posteriormente transformándose en zonas artificiales. Este proceso se ha producido en España entre 1987 y el año 2000 en un total de 36 mil hectáreas.

Otro proceso que se ha producido de cambios de ocupación del suelo relacionado con el agua es la pérdida de zonas húmedas naturales y láminas de agua por el aumento de la artificialización y el incremento de zonas agrícolas. Este proceso según los datos Corine Land Cover 1987-2000 se ha producido en un total de 2.537 ha, de las cuales

el 31% corresponde a aumento de zonas artificiales y el resto (69%) a un aumento de las zonas agrarias.

### **Diseño y evaluación de escenarios: prospectiva para 2030**

Se han realizado estimaciones sobre la posible evolución futura de zonas artificiales y de regadío en España, y su efecto sobre el resto de coberturas del suelo y posibles implicaciones en la gestión del agua. Los escenarios se han inspirado en los escenarios realizados por el World Water Council, que intentan predecir la situación en el año 2025 (Cosgrove y Rijsberman, 2001), y se ha considerado que la urbanización es uno de los principales factores que organiza los regímenes de perturbación (Wear *et al.*, 1998).

Se han desarrollado tres escenarios para el año 2030: (1) "Tendencial", que mantiene la tendencia de cambios de ocupación observada entre 1987 y 2000, de incremento de la superficie artificial y de cultivos de regadío; (2) "Mad-Max", que acelera estas tendencias, asociadas a una sobreexplotación del agua, y (3) "Technogarden", que prevé una estabilización de estas superficies asociada a un desarrollo de tecnologías, con apoyo al conocimiento y mantenimiento de los procesos ecológicos.

En la realización de los escenarios se alcanzan diferentes tasas de cambio en el 2030 (Fig. 13). Del análisis de las tendencias observadas en el cambio del uso del suelo y los efectos sobre el ciclo hidrológico, se puede determinar que en caso de alcanzar los escenarios Mad Max o Tendencial se verán afectadas los humedales por su reducida extensión, necesarios para la conservación de la biodiversidad y procesos ecológicos básicos. Por otra parte, también se afectarán paisajes tradicionales y culturales de elevada importancia en el área mediterránea, como ecosistemas forestales con vegetación esclerófila. Esto es muy trascendente desde el punto de vista de conservación de los hábitats naturales y seminaturales.

## TENDENCIAS OCUPACIÓN SUELOS SEGÚN DIFERENTES ESCENARIOS

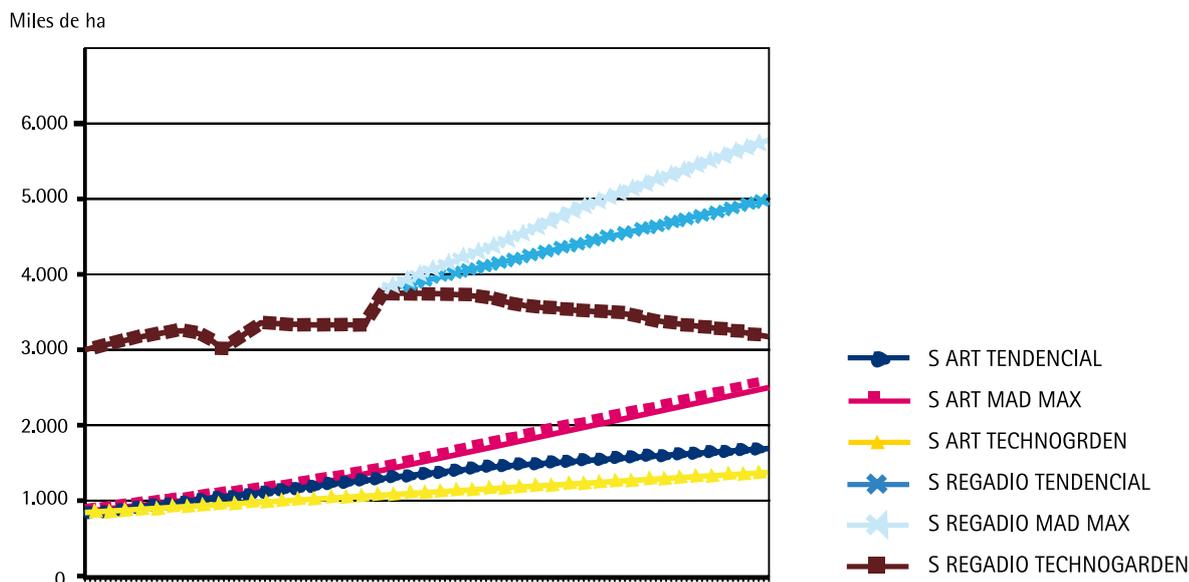


Figura 13. Tendencias ocupación suelos según diferentes escenarios. Datos en miles de ha. Elaborado por F. Prieto.

A pesar las probables mejoras de ahorro, la eficiencia en el uso del agua y los métodos no convencionales (desalación y reutilización), es poco previsible que se puedan aumentar las disponibilidades de agua para satisfacer las demandas de los escenarios Tendencial o Mad Max, debido a los límites físicos de disponibilidad del recurso y los efectos del cambio climático. En este caso la magnitud de agua demandada para fines domésticos, industriales y agrícolas sería previsiblemente insostenible, provocando además efectos adversos sobre los ecosistemas y ciclo hidrológico.

Con los efectos del cambio climático y las previsiones demográficas del INE es previsible que se produzcan impactos perjudiciales sobre el ciclo hidrológico por el aumento de las tasas de evapotranspiración y la aparición de importantes desequilibrios territoriales (MMA, 1998). Estos crearían una serie de incertidumbres y conflictos sobre la mayor parte de los sectores económicos y sobre la estabilidad de los ecosistemas, con los consecuentes efectos irreversibles sobre la biodiversidad. Dependiendo de la gestión forestal que se realice en los próximos años, los ecosistemas forestales

pueden estar más o menos afectados por el cambio climático, pero es posible que los cambios en la producción primaria neta y en la distribución de las masas forestales tengan importantes consecuencias en la regulación del ciclo hidrológico.

La mejora y aparición de nuevas tecnologías para el año 2030 en relación con el ciclo del agua, y el aumento de la concienciación social respecto a este recurso no han sido consideradas explícitamente, pero es previsible que se produzca. En el caso de continuar con las tendencias actuales (escenario Tendencial) o acelerarlas (Mad Max), se observarían los siguientes impactos sobre las dimensiones del desarrollo:

- ▶ Económicos: conflictos por el uso del agua de distintos sectores económicos, sobre todo regadíos y uso urbano.
- ▶ Sociales: conflictos por el uso del agua entre distintos territorios y distintos grupos sociales.
- ▶ Ambientales: falta de garantía de recurso, mayor presión sobre los recursos hídricos originaría un declive irreversible de zonas húmedas y ecosistemas asociados al agua, disminución de especies asociadas, etc.

Sin embargo en el escenario más sostenible (Technogarden) se podría llegar a un uso sostenible del agua, basado en una estabilización o ligero incremento de la superficie artificial, en una disminución de las zonas de regadío, especialmente de las situadas sobre zonas áridas y de las menos rentables. La aplicación de las nuevas tecnologías, métodos no convencionales y la gestión de la demanda liberarían recursos hídricos que son imprescindibles para la mejora de la calidad ecológica de las masas de agua. Los efectos sobre el ciclo hidrológico de esta contención de la demanda tendrían efectos positivos sobre los ecosistemas (aumento de los caudales ecológicos, zonas de ribera, humedales, etc.). Esto permitiría conservar la gran diversidad de ecosistemas acuáticos existentes en España y un aumento de la posibilidad del uso social del recurso (demanda urbana y uso recreativo). Los objetivos de la Directiva Marco del Agua coinciden básicamente con la predicción de este escenario.

En cualquier escenario, los usos urbano, industrial, agrícola y ganadero continuarán siendo las fuerzas motrices en las tendencias de las relaciones entre la ocupación del suelo y el ciclo hidrológico. El crecimiento de la población y la evolución de la economía, desagregada por sectores, serán claves en la evolución y localización geográfica de la demanda y los vertidos.

### 13. FUTUROS ALTERNATIVOS PARA LA PLANIFICACIÓN EN LA PERSPECTIVA DE LA GESTIÓN SOSTENIBLE DE LOS RECURSOS HÍDRICOS

La pregunta clave en la planificación del territorio, y especialmente de los recursos hídricos, es a qué escalas operar: ¿local, regional, global, todas, simultáneamente, cómo? Y si la planificación a todas esas escalas se mutuamente sinérgico o conflictivo. Como dijo Galileo, “muchos ingenios que funcionan a pequeña escala no lo hacen a gran escala”. Hay un planeta Tierra, muchas naciones, regiones, cuencas hidrográficas. Y hay muchísimos lugares individuales y gente. Los números son muy diferentes y este hecho es muy importante: sólo hay una Tierra pero hay miles de

millones de personas que toma decisiones sobre el territorio y el agua.

A la escala global se opera con principios generales que conllevan leyes y tratados globales basados, en principio, en el conocimiento científico. Los estudios globales deben comprender los cambios con el objeto de estabilizarlos. El concepto “sostenible” tiene ese atributo. Una perspectiva global es extremadamente importante, especialmente para los temas relevantes a dicha escala como el calentamiento del clima, elevación del nivel de los océanos, la desertificación y la pérdida de biodiversidad.

A la escala intermedia, regional, con frecuencia una cuenca hidrográfica o una región urbana, en vez de trabajar con toda la humanidad, globalmente, se consideran culturas específicas, con diferencias sociales internas. Se analizan procesos y se plantean hipótesis. Se generan y evalúan alternativas, sobre la base de los conocimientos obtenidos de las ciencias físicas y ecológicas, pero también de las ciencias humanas. En contraposición a la búsqueda de estabilidad, se busca la comprensión y la conducción del cambio, aunque se desconozca hacia donde se dirige. Se trata con políticos, con visiones conflictivas legítimas y posibles consensos, y este es especialmente el caso cuando se considera el agua.

En la escala más local, se implican individuos y pequeños grupos. Los gestores están frecuentemente dominados por intereses privados, especialmente en relación con los recursos escasos. A veces, se generan ideas innovadoras para afrontar situaciones locales específicas que son difíciles de producir a las escalas regional y global. A esta escala se trata de reconocer la diversidad y sus ventajas. Los hechos que hacen que un sitio sea diferente, su gente y sus medios de expresión individual, que se reflejan en muchos paisajes locales. A este nivel, la clave es estudiar interacciones: dónde van a realizar actividades las especies, incluida la gente, y como se relacionan entre sí, con la tierra y con sus recursos. La planificación a este nivel no es abstracta, es tangible.

La planificación del paisaje a las escalas global, regional y local es muy diferente. Cada escala requiere diferente formación, estilo de trabajo, conocimientos y experiencia, a pesar de los límites difusos entre escalas y la existencia de solapamiento en los temas y características.

Hay otras relaciones entre estas escalas. En primer lugar, la diversidad de la escala local genera nuevas ideas y maneras de pensar. La frase central de esta EXPO, “...mil soluciones”, no es un accidente. Y la inventiva local puede influir a las regiones y naciones, y transmitirse a la escala global, que a su vez puede (y debe) revertir en influencias sobre las naciones, regiones e individuos. David Browder acuñó la famosa frase de “piensa globalmente, actúa localmente”, también podríamos decir “piensa localmente, actúa globalmente” (C. Steinitz). En cualquier caso es bien difícil comprender el mundo y entonces actuar localmente, como también lo es tener una idea a la escala local y entonces intentar cambiar el mundo.

No obstante, también hay conflictos y riesgos potenciales en estas interacciones entre escalas. Cuanto más débiles son las escalas local y regional, más fuerte la global en sus aspectos más cuestionables en la medida en que los grandes principios de pensamiento globales pueden perder diversidad, adaptatividad, capacidad de auto-renovación y flexibilidad frente al cambio, pudiendo dar lugar a políticas autoritarias. Por el contrario, si las aproximaciones locales se hacen predominantes pueden dar lugar a situaciones caóticas y a desigualdades entre países ricos y pobres, áreas con mucha o poca agua. Por lo tanto, un mundo compuesto de muchas situaciones locales particulares es difícil de comprender, de coordinar y de planificar. En definitiva, el dilema relacionado con la escala se mueve entre la aproximación exclusivamente global, que puede dar lugar a opciones de planificación autoritarias, y la aproximación exclusivamente local que puede ser caótica e injusta. El concepto equilibrado, que permite a la gente actuar localmente, nacionalmente y globalmente, es la idea de riesgo. El riesgo aporta la tensión útil

en todos los aspectos de la toma de decisiones y el establecimiento de prioridades. Si un fenómeno es un riesgo para todo el mundo, se convierte en global, por ejemplo el calentamiento global. Si es un riesgo cultural, como la conservación del patrimonio, sus paisajes o la lengua, se convierte en regional. Los intereses particulares se mueven obviamente a la escala local.

En base a las anteriores reflexiones, las acciones a la escala regional serían especialmente recomendables (Steinitz et al 2003). Puede ser el nivel más complicado porque se reciben influencias de los niveles global y local. Un problema específico de esta aproximación es cómo comunicar grandes cambios del paisaje que pueden producirse en un periodo de 20-40 años como resultado de muchas pequeñas decisiones locales. ¿Cómo decirle a un propietario que sus acciones pueden afectar a su región y que las acciones de sus vecinos también pueden afectarle en el futuro? En el presente existen métodos y tecnologías que permiten de forma creciente el asesoramiento, la planificación y la representación a través de diferentes escalas.

**La planificación a una escala regional, cuenca hidrográfica o región urbana, permite contrastar los intereses y los riesgos locales con los principios y riesgos globales de interés común.**

Un ejemplo de esta aproximación es el estudio realizado en la Cuenca Alta de río San Pedro en Sonora, Méjico y Arizona (USA) (Steinitz *et al.*, 2003).

### **Futuros alternativos para paisajes cambiantes: El caso de la Cuenca Alta de río San Pedro en Sonora, Méjico y Arizona (USA)**

La zona de estudio es una región desértica, con una elevada diversidad, especialmente de avifauna, con el río en acelerado proceso de degradación y un continuo proceso de urbanización y de desarrollo agrícola.

En la medida en que ninguna visión individual del futuro puede ser segura, es preferible considerar varios futuros alternativos que incluyan un espectro de posibilidades. Por lo tanto, este estudio generó diversos escenarios políticos alternativos y examinó el conjunto de futuros alternativos resultantes que puede experimentar la región. Se proyectaron al año 2020 tres grupos de escenarios a través del modelo de desarrollo. El primer escenario se basó en la interpretación de los documentos de planificación y las prácticas de uso del suelo de la región (PLANS), el segundo se basó un crecimiento de población menor del pronosticado y un desarrollo urbanístico más controlado (CONSTRAINED) y el tercero anticipó un crecimiento poblacional mayor del pronosticado y un desarrollo urbanístico de baja densidad menos controlado (OPEN).

El proceso de análisis incluye un modelo económico de desarrollo urbanístico, modelo hidrológico, de vegetación, de hábitat para la fauna y modelo visual para estimar el valor estético del paisaje.

Para la evaluación de los futuros alternativos se asume que los siguientes impactos son positivos: ralentización de la disminución del almacenamiento de agua subterránea, ralentización de la desecación del río, conservación o mejora de los hábitats naturales, mantenimiento o mejora de la riqueza de especies, mantenimiento de la belleza del paisaje y mejora de la atracción para el desarrollo.

Todos los futuros alternativos generados mediante escenarios, incluso los que consideraban un crecimiento poblacional y de consumo de agua más restrictivos, resultaron en pérdida global de almacenamiento de agua subterránea y una disminución del caudal en el río San Pedro. Todas las alternativas resultarían en una disminución del freático de hasta 10-15 m. Sin embargo, las alternativas que restringen más el regadío resultan en una mejora del freático en una zona de la región. El río San Pedro continuaría perdiendo caudal bajo las alternativas OPEN y PLANS, y en la

alternativa OPEN desaparecería el corredor verde de la ribera del río. Las alternativas que restringen el regadío y especialmente las que concentran también el desarrollo urbanístico pueden aumentar el caudal y mejorar el hábitat de ribera aguas debajo de la cuenca fluvial. Ello puede mejorar la biodiversidad en la región.

La comparación de futuros alternativos revela que las decisiones políticas sobre el regadío en Arizona causan los mayores impactos en la hidrología y ecología de la región. La segunda política más importante se refiere al control del desarrollo urbanístico. Las políticas que estimulan el crecimiento poblacional y relajan los controles urbanísticos tienen gran influencia en los impactos ambientales negativos. El aumento de la minería y agricultura en Sonora tienen una influencia menor comparados con los anteriores. Estos resultados indican que el futuro de la Cuenca Alta del río San Pedro acercará la crisis ambiental a la percepción directa de más gente.

Un tema de especial interés es mostrar a los propietarios de las tierras las consecuencias acumulativas de sus acciones. La forma más efectiva fue a través de imágenes animadas de los resultados que se pueden enfocar a cualquier propiedad. Este ejercicio desdibujaba las escalas de forma intencionada: desde los propietarios locales, a una cuenca hidrográfica regional, y la diversidad global relacionada con especies de aves amenazadas.

#### 14. OPCIONES DE PLANIFICACIÓN DEL TERRITORIO PARA OPTIMIZAR LOS RECURSOS HÍDRICOS

Los cambios de uso del territorio en las cuencas hidrográficas son acciones humanas muy prevalentes que afectan el comportamiento de la cantidad y calidad del agua en las cuencas. Los factores principales son cambios en la permeabilidad de la superficie, la remoción de suelo, y los cambios de cobertura vegetal. Por ejemplo, la urbanización produce cambios en la cantidad de agua de esco-

rentía, un acortamiento el tiempo que se toma en alcanzar el pico de caudal a la salida de la cuenca (Cheng & Wang, 2002) y además la recesión del hidrógrafo es más rápida (Rose & Peters, 2001). Ha sido práctica común que se efectúan dichos cambios sin planificación cuidadosa que tome en cuenta los efectos potencialmente negativos sobre los recursos de agua. El avance en los modelos de hidrológicos provee una herramienta que permite anticipar los posibles efectos potenciales de dichos cambios.

**Los modelos de toma de decisión multi-agente acoplados a los modelos hidrológicos aportan una metodología que permite incluir los múltiples actores humanos en los cambios de una cuenca hidrográfica.**

Los modelos hidrológicos pueden usarse para predecir cómo los cambios de usos de suelos se traducen en cambios del régimen de caudal en el área, y así alertar sobre decisiones erradas de planificación o sugerir estrategias mejores (v.g., Post *et al.* 1996). Con este fin los modelos hidrológicos requieren de información fidedigna de la cobertura de la cuenca y de los regímenes de precipitación que ocurren y podrían ocurrir en el área. Los sistemas de información geográfica y de teledetección ayudan mucho en la preparación de datos espaciales para insumo de los modelos hidrológicos. De igual modo los sistemas de radar meteorológicos proveen una información crucial sobre la distribución espacial de la precipitación (Bronstert *et al.*, 2002). Aun modelos simples, como los basados en el método empírico del “Número de Curva”, pueden dar buenos resultados si se implementan apropiadamente (Garen & Moore, 2005).

Por otro lado, los modelos multi-agente (MM-A) facilitan las simulaciones del comportamiento de los sistemas humanos, ya que capturan lo esencial de los procesos de decisión y valores o preferencias que conllevan a cambios en los usos de suelos. A su vez estos cambios generan efectos en el

sistema natural simulado por modelos basados en procesos y funciones de la cuenca, tal como los modelos hidrológicos explicados anteriormente (Acevedo *et al.* 2007, Monticino *et al.* 2007). Las interacciones entre los grupos de presión son simuladas usando MM-A que actúan en modelos de paisaje forestales en la forma del cambio de usos de suelos; el MM-A recibe la reacción o efectos de estas acciones en forma de métricas de respuestas hídricas proporcionadas por los modelos hidrológicos. Los habitantes y grupos de presión pueden ver entonces los efectos potenciales de sus decisiones y reconsiderar aquellas decisiones a fin de lograr la sostenibilidad del sistema.

Un ejemplo de la aplicación de MM-A incluye como agentes a los dueños de tierras rurales, los residentes, los urbanizadores, y el gobierno local. El MM-A captura rasgos relevantes de los procesos de decisión y preferencias de los agentes que conducen a cambios de cobertura. El objetivo del modelo es ayudar a revelar tendencias de cambio de usos de suelos y así orientar a los entes que toman decisiones. Las preferencias de los agentes pueden ser representadas explícitamente usando funciones de utilidad de múltiples atributos (v.g., Keeney & Raiffa, 1993). Estas funciones expresan las incertidumbres inherentes a las decisiones de los agentes cuando estos responden a oportunidades económicas dentro del contexto cultural y de gobierno. Por ejemplo, cuando los dueños de tierras consideran si hay que vender o aferrarse en su tierra, sopesan la riqueza adicional que obtendrán de vender contra la integridad bio-cultural del lugar que ellos habitan. Comparado con una métrica puramente monetaria, este es un modo más realista de modelar las decisiones de cambios de usos de suelos que la gente realmente toma.

Los agentes pueden alterar su preferencia en respuesta a las decisiones de otros agentes, a los cambios locales de gobierno y a los cambios de usos del territorio. Por ejemplo, en respuesta al cambio de usos que da lugar a mayor inundación local debido a la pérdida de superficie permeable, los agentes residenciales pueden ajustar su estructura de valor para poner un peso más

alto en los efectos ambientales del desarrollo suburbano. Los agentes residenciales pueden también influenciar el cambio de los agentes del gobierno votando por un gobierno que ponga un peso más alto en consecuencias ambientales negativas de la política de desarrollo que en la maximización de la base de impuesto.

El MM-A opera bajo varios escenarios sociales y económicos y recibe la reacción de los modelos del sistema natural. Estos modelos simulan cómo se afectan el paisaje y la hidrología por acciones de los agentes, y producen cambios en calidad del hábitat y del agua bajo escenarios climáticos. Estos cambios se pasan al modelo del sistema humano. En nuestro ejemplo, la métrica ambiental detectada por el modelo MM-A es el pico de caudal, para reflejar que los residentes del área perciben esta métrica como consecuencia del aumento de urbanización del área.

Los agentes representan los individuos, los grupos de individuos, las organizaciones privadas y las instituciones gubernamentales que toman acciones que afectan el cambio de usos del territorio, directamente o indirectamente. Los resultados de la simulación indican que al considerar los valores del agente en la formulación de la gerencia del crecimiento, se pueden lograr resultados más acertados. Las interacciones entre agentes produjeron dinámicas complejas, y las simulaciones revelaron las sensibilidades dominantes de estas dinámicas. Particularmente, la mayor sensibilidad a los factores principales del cambio de usos de suelos fue hacia el precio de la tierra, el desarrollo de áreas vecinas, y las interacciones espaciales entre los dueños de tierras. Mientras que la sensibilidad a los valores económicos no representa una sorpresa, las simulaciones revelaron otra sensibilidad que podría ser de importancia al interés gubernamental: los dueños de tierra tienden a aferrarse a sus tierras si las parcelas vecinas continúan sin urbanizarse. Por lo tanto, si los gobiernos compraran parcelas o los derechos del desarrollo en forma de “espacios abiertos estratégicos”, los dueños de tierras vecinos sensibles al uso de la tierra del vecino se opondrían a la tentación de

vender al ocurrir aumentos modestos en precios de la tierra. Así, los fondos de conservación para preservar espacios podrían ser más eficientes si se distribuyen en forma dispersa. Claro está, los gobiernos locales necesitarían estar enterados de los efectos potenciales de tal estrategia. El desarrollo de una densidad más baja da lugar a costes más altos para la distribución de los servicios. Sin embargo, tal estrategia ayudaría en última instancia a alcanzar la meta de sostener los sistemas humanos y naturales.

### 15. EL IMPACTO DE LAS POLÍTICAS EN LOS RECURSOS HÍDRICOS: GESTIÓN INTEGRADA DE LOS RECURSOS HÍDRICOS. EL CASO DE BRASIL

La búsqueda de sinergias y complementariedad envolviendo la gestión ambiental, de los recursos hídricos y del uso del suelo debe apreciar, entre otros aspectos, el establecimiento de una unidad territorial de planificación que pueda concatenar las diversas estrategias de uso del territorio. En ese sentido, la cuenca hidrográfica presenta ventajas como unidad de planificación, ya que se trata de una unidad geoambiental, compuesta por un río principal y sus tributarios, cuyos límites son definidos por el relieve, siendo que “su característica ambiental debe reflejar la sumatoria o sinergia de los efectos e intervenciones que ocurren en el territorio de la cuenca” (Lino, 2003). Vale destacar que varios parámetros físicoquímicos y microbiológicos, entre otros, varían en respuesta a las formas del uso del agua y el suelo en la cuenca hidrográfica. Entonces, el autor citado concluye que para comprender lo que acontece en la cuenca, es fundamental considerar los usos múltiples del agua, sus conflictos potenciales y, no menos importante, el rol primordial y el valor ecológico de los ecosistemas acuáticos para la conservación de los bosques y demás recursos naturales. Al mismo tiempo, es indispensable evaluar el uso del suelo en función de sus potencialidades y limitaciones ecológicas, manteniéndose como referencia la sostenibilidad de los recursos.

Otro aspecto de gran relevancia recae en la articulación de los instrumentos de planificación asociados a las políticas de recursos hídricos, de medio ambiente y de uso del suelo, tales como: los planes de recursos hídricos, la zonificación ecológica-económica y los planes directores municipales, respectivamente. Esos instrumentos, cuando están bien elaborados y articulados, pueden proporcionar dividendos significativos para la actuación del poder público y la sociedad en general. Se creó la Zonificación Ecológica-Económica (ZEE) en la legislación brasileña para orientar las políticas públicas relacionadas a la planificación, uso y ocupación del territorio, considerando las potencialidades y limitaciones del medio físico, biótico y socioeconómico, siguiendo los principios del desarrollo sustentable. Los planes de recursos hídricos, por ejemplo, al proponer la creación de áreas sujetas a restricciones de uso con miras a la protección de los recursos hídricos pueden ofrecer informaciones a los planes directores municipales y a la ZEE, así como recibir valiosos aportes de ellos. Además, según el PNRH (Plan Nacional de Recursos Hídricos (PNRH, 2006)), “la gestión de recursos hídricos tiene que estar directamente asociada con las acciones que ocurren en el territorio y las decisiones que fueran y son tomadas en el espacio territorial que corresponde a la cuenca hidrográfica y, considerando que la planificación hídrica deberá realizarse con base a las definiciones ocurridas en el ZEE siempre que sea posible”.

Vale la pena resaltar la importancia de las articulaciones institucionales necesarias para lograr la legitimación sociopolítica y construcción de pactos que impliquen los sectores públicos, privados y las organizaciones de la sociedad civil. En este sentido, se destaca el espacio de los Comités de Cuenca Hidrográfica como foro de características apropiadas para lograr la construcción de pactos que incluyan diferentes actores sociales. En este foro, representantes del poder público municipal, por ejemplo, pueden y deben buscar la articulación necesaria para integrar la gestión de recursos hídricos y de uso del suelo con influencia directa en la conservación ambiental y producción económica, tanto local como regional.

**La puesta en marcha de un programa de gestión integrada de recursos hídricos con garantías de éxito requiere de la articulación institucional necesaria para lograr la legitimación sociopolítica y la construcción de pactos que impliquen a los sectores públicos, privados y las organizaciones de la sociedad civil.**

Durante el proceso de su elaboración, el PNRH implicó a cerca de 7.000 personas, fue debatido entre diversos actores la necesidad de enfatizar las acciones de conservación que promuevan la integridad de los ecosistemas acuáticos, así como las funciones representadas por el rol estratégico de los bosques, forestaciones y de las unidades de conservación en pro de la mejora del régimen hídrico. Además, en ese proceso se buscó considerar la necesidad de integrar las acciones de conservación de suelos y el agua en el ámbito del manejo de microcuencas en el medio rural. Estas directrices sentaron los fundamentos para el desarrollo del subprograma titulado “conservación de suelos y agua – manejo de microcuencas en el medio rural”. Este subprograma busca promover el manejo y conservación integral del suelo y del agua en microcuencas en el medio rural, por medio de la adopción y difusión de prácticas y tecnologías conservacionistas, la recomposición de áreas de preservación permanente y de reserva legal, el estímulo a la recuperación de áreas degradadas o de baja capacidad productiva, acciones de educación ambiental en las comunidades rurales y formación de técnicos y agricultores para el manejo y administración eficiente y sustentable de las unidades de producción, entre otros temas.

Por último, vale la pena mencionar que a través del PNRH fueron delineadas las ecorregiones<sup>2</sup> acuáticas brasileñas, como forma de asociar la gestión de los recursos hídricos con la ambiental, considerando las interacciones características

<sup>2</sup> La Convención sobre la Diversidad Biológica (CDB) muestra una aproximación ecorregional como un componente importante del enfoque ecosistémico a ser adoptada en la elaboración de estrategias para la conservación de la biodiversidad y su uso sustentable.

entre suelo y agua en los diferentes biomas brasileños. Actualmente, el país está incrementando sus esfuerzos para trabajar en la caracterización detallada de estas subunidades ecorregionales.

### **El programa CULTIVANDO AGUA BUENA: Una experiencia de gestión integrada de recursos hídricos, medio ambiente y conservación de los suelos**

El megaprograma Cultivando Agua Buena es desarrollado por la Itaipú Binacional, gestora de la Central Hidroeléctrica de Itaipú<sup>3</sup>. En 2003, fue incluido oficialmente en la misión de la Itaipú Binacional el foco de responsabilidad social y ambiental, hecho que fundamentó el desarrollo de diversas acciones por medio del programa que tienen en su esencia la gestión de las cuencas hidrográficas aplicada en el área de influencia del embalse de la presa.

A través del monitoreo de las condiciones del agua que se han realizado desde 1982 en la región de influencia del embalse de Itaipú, la cuenca hidrográfica del río Paraná III, se identificaron cinco impactos ambientales principales que desafían la misión asumida por la empresa:

i) Sedimentación: A partir de la interpretación de datos, se estima que el aporte de sedimentos a la entrada principal del embalse llega a un promedio anual de 6 a 7 millones de toneladas, con una cierta variación de un año para otro, dependiendo de la mayor o menor incidencia de temporales aguas arriba;

ii) Eutrofización: causada por el exceso de nutrientes minerales y orgánicos provenientes principalmente de la actividad agropecuaria, porcicultura y avicultura en la región, impactando negativamente la calidad del agua en los brazos laterales del embalse;

iii) Presencia del mejillón dorado (*Limnoperna fortunei*): especie exótica de molusco originario de Asia, que viene adherido en los cascos de los

navíos, y cuya presencia ha sido verificada en gran parte de las tuberías, filtros y sistemas de enfriamiento de los generadores de la hidroeléctrica;

iv) Agrotóxicos: el uso intensivo, abusivo e irresponsable de estos productos en la agricultura y pecuaria es un factor importante del deterioro del agua y del suelo en la región de la cuenca, que afecta la central hidroeléctrica de de Itaipú y compromete la sustentabilidad del desarrollo económico y la calidad de vida de la población en la región;

v) Deforestación: desaparición de selvas y bosques, básicamente causado por la actividad antrópica, principalmente para la obtención de tierras para cultivos agrícolas, cortes realizados para pecuarias y por la industria maderera. Los impactos ambientales causados por la deforestación son diversos incluyendo la emisión de gases de efecto invernadero; y

vi) Usos múltiples del embalse: tema tratado mediante el compromiso de la población con la Itaipú y viceversa, en busca de la mejora de la calidad del agua en el embalse y de las cuencas hidrográficas que lo abastecen.

El programa Cultivando Agua Buena tiene como objetivo establecer criterios y condiciones para orientar las acciones socio-ambientales relacionadas con la conservación de los recursos naturales, centradas en la calidad y cantidad del agua y en la calidad de vida de las personas. Se trata de un movimiento de participación permanente, en el que Itaipú Binacional, además de mitigar y corregir pasivos ambientales más significativos, trabaja con la sociedad para cambiar sus valores: modos de ser, pensar, producir y consumir, con base a una ética del cuidado de los recursos naturales y de los seres vivos en general. La denominación "Cultivando Agua Buena" realza la necesidad de que, *así como se cultiva el suelo para que de buenos frutos, el agua también precisa de "cultivo" o cuidado, para que se mantenga en forma abundante y con calidad, hoy y siempre.*

<sup>3</sup> La presa Itaipú tiene una potencia instalada de 14.000 MW y produce 20% de toda la energía consumida en el Brasil y 95% de la consumida en el Paraguay, teniendo en cuenta que aproximadamente 60% del Producto Interno Bruto (PIB) brasileño es generado en base a la energía proveniente de esta central hidroeléctrica.

El programa actúa en varias temáticas por medio del desarrollo de programas que de por sí poseen fuerte transversalidad, entre los que se destacan:

i) Producción de peces en nuestras aguas: Promover la sustentabilidad y aumentar a través de pesca profesional y deportiva la producción de proteína de valor biológico por el incremento de la piscicultura, promoviendo así el desarrollo socio-económico con responsabilidad ambiental.

ii) Educación ambiental: Capacitar y concienciar personas y grupos sociales para la construcción de sociedades sustentables, definiendo e implementando un programa de educación ambiental continua, con el objeto de lograr una cultura de responsabilidad social y compromiso ambiental de la Itaipú Binacional.

iii) Biodiversidad, nuestro patrimonio: Contribuir con la mantención y mejora de la variabilidad genética de la flora y fauna silvestres regional/corredor ecológico. El proyecto está trabajando en la implementación de un corredor ecológico, que incluye un camino verde para la interconexión entre el Parque Nacional de Iguazú y el Parque Nacional de Ilha Grande. Resultados asociados: 23.000.000 de brinzales plantados en las áreas protegidas; 257,5 ha del Corredor de la Biodiversidad Santa María preservados con gestión forestal.

iv) Gestión por Cuencas: Cultivando Agua Porá: Ejecutar el manejo conservacionista de agua y suelos para el control de los pasivos y aspectos ambientales en propiedades agropecuarias, en sociedad con las prefecturas municipales, propietarios, asociaciones, cooperativas y otros actores.

v) Infraestructura eficiente y Saneamiento en la Región: Obras, servicios y mantención de la infraestructura de apoyo a la producción de energía, más allá del saneamiento básico en la Presa Hidroeléctrica de Itaipú y áreas propias de la entidad para contribuir con la mejora del saneamiento básico en la región.

vi) Sostenibilidad de segmentos vulnerables: Busca crear condiciones para mejorar la calidad de vida de los segmentos menos favorecidos de la sociedad en la región, especialmente de la población de bajos ingresos.

vii) Monitoreo y evaluación ambiental: Realiza diagnósticos y evaluaciones ambientales del embalse y área de influencia, con el fin de suministrar parámetros e indicadores que orienten y comprueben los aspectos ambientales controlados por acciones que son desarrolladas en el embalse y en la cuenca hidrográfica.

viii) Desarrollo Rural Sostenible: Realizar acciones complementarias a las del Gobierno Federal con el fin de alcanzar la fijación de la población rural en locales de interés de Itaipú Binacional, por medio de programas de producción agropecuaria ambientalmente sustentable de autoconsumo e ingresos. Líneas de trabajo: (a) Agricultura orgánica (b) Diversificación agropecuaria de propiedades rurales (c) Valorización y desarrollo de la agricultura familiar.

Vale destacar que los resultados alcanzados hasta la fecha, de acuerdo a sus ejecutores, son atribuidos a diversos factores que actúan de forma integral e interdependiente, entre los cuales se destacan: i) decisión empresarial en adoptar una nueva misión enfocada en la responsabilidad ambiental y social; ii) modelo de gestión ambiental (que busca concatenar la gestión ambiental, territorial, dando prioridad a la participación); iii) estructuración del megaprograma Cultivando Agua Buena con base a documentos planetarios; iv) estrategias de implantación/metodología; v) competencia del equipo técnico; vi) recursos financieros, materiales y equipos; vii) articulación para implantar sociedades de colaboración con los productores rurales y demás actores en el área de influencia. Cabe resaltar que la gestión participativa es considerada de importancia fundamental para viabilizar política y técnicamente todas las sociedades de colaboración necesarias junto a la metodología utilizada para la gestión por cuencas, comprometiendo la comunidad y los socios (pactos) para la ejecución consciente de acciones socio-ambientales, antes de firmar los convenios con los municipios, en el cual son detalladas las contrapartidas necesarias por parte de los involucrados.

## 16. CONSIDERACIONES FINALES

La planificación del territorio deben compatibilizar múltiples objetivos en un determinado territorio, asegurando la sostenibilidad a corto y largo plazo. Entre estos objetivos, el desarrollo económico y la productividad del territorio deben ser compatibles con la conservación de la naturaleza y de los valores paisajísticos, y todos ellos requieren de un uso racional de los recursos hídricos. Para asegurar el equilibrio territorial, especialmente a gran escala, una parte del territorio debe dedicarse a los ecosistemas naturales, y eventualmente a los bosques. Probablemente no hay una respuesta única, universal, a la pregunta de cuánto bosque es suficiente. No obstante, algunos autores han sugerido que entre un 30 y un 50% del territorio debería dedicarse a los ecosistemas naturales (Odum & Odum, 1972; Noss, 1992; Mosquin *et al.*, 1995). En cualquier caso, las decisiones sobre los cambios de usos de suelos deben considerar cuidadosamente el grado de reversibilidad de esos cambios. Muchas transforma-

ciones de los usos de las tierras son prácticamente irreversibles a la escala de tiempo ecológica y humana, por ejemplo el sellado del suelo por estructuras. Otras transformaciones requieren la inversión de inmensas cantidades de energía (y dinero) para ser revertidas, por ejemplo la deforestación de bosques autóctonos. En ambas situaciones, se produce una reducción de los grados de libertad en las opciones futuras de uso del territorio, con lo que se reduce la sostenibilidad. En las regiones secas, la desertificación puede producir una degradación irreversible de las tierras, generando procesos de retroalimentación positiva entre la degradación del suelo y la sequía, resultando en una escasez de agua creciente y permanente.

Desde los siglos XV-XVI, cuando los pintores empezaron a representar el paisaje, introdujeron los bosques y el agua en la escena en la mayoría de los casos, junto con representaciones de ideas –motivos religiosos– incluso el mismo hombre (Fig. 14, paisaje antropomórfico). Ojalá esta integración entre espiritualidad humana y paisaje con bosques y aguas se mantenga para el disfrute de las generaciones futuras.



Figura 14. Pintura de la segunda mitad del siglo XVI: Paisaje antropomórfico (Escuela de los Países Bajos del Sur).

## 17. REFERENCIAS

- Acevedo M.F, Rosales J., Delgado L., Ablan M., Davila J. , Callicott J. B., Monticino M.. 2007 Modelos de interacción humano-ambiental: el enfoque de la Biocomplejidad. *Ecosistemas*, 16(3): 55-67.
- Aema.2005. Corine land cover 2000 (CLC2000) vector by country
- Almeida, C., Vorosmarty, C.J., Hurtt, G.C., Marenco, J.A., Dingman, S.L., Keim, B.D. (2007). The effects of deforestation on the hydrological cycle in Amazonia: a review on scale and resolution. *International Journal of Climatology*, 27: 633-647.
- Andreae, M.O., Rosenfeld, D., P. Artaxo, P., Costa, A. A., Frank, G. P., Longo, K. M., Silva Dias, M. A. F. (2004). Smoking rain clouds over the Amazon. *Science*, 303: 1342-1345.
- Avisar, R., Silva Dias, P. L., Silva Dias, M. A. F., Nobre, C. (2002). The Large-Scale Biosphere-Atmosphere Experiment in Amazonia (LBA): Insights and future research needs. *J. Geophys. Res.* 107 (D20): 54.1-54.6.
- Azcón R. & Barea J. M. (1997) Mycorrhizal dependency of a representative plant species in Mediterranean shrublands (*Lavandula spica* L.) as a key factor to its use for revegetation strategies in desertification-threatened areas. *Applied Soil Ecology* 7: 83-92.
- Bailly, A., Gautry, J.-Y., Carnus, J. :M., Ben Brahim, M. (2004) État de l'art sur l'épandage en forêt de boues de stations d'épuration urbaine et de boues de papeteries. *Marché AFOCEL-ADEME N° 99 75060*. INRA. 72 pp.
- Bainbridge, D. A. (2007). *A Guide to Desert and Dryland Restoration*. Island Press, Washington, DC
- Bainbridge, D.A. (2001). Buried clay pot irrigation. *Agricultural Water Management*. 48(2):79-88.
- Bainbridge, D.A. and R.A. Virginia. (1990). Restoration in the Sonoran desert of California. *Restoration and Management Notes*. 8(1):1-14.
- Bakkenes M, Alkemade R, Ihle F, Leemans R, Latour J B (2002). Assessing effects of forecasted climate change on the diversity and distribution of European higher plants for 2050. *Global Change Biology* 8 (4), 390-407.
- Bellot, J., J. M. Ortiz de Urbina, A. Bonet, and J. R. Sanchez. 2002. The effects of treeshelters on the growth of *Quercus coccifera* L. seedlings in a semiarid environment. *Forestry* 75: 89-106.
- Bellot, J., Sanchez, J.R., Chirino, E., Hernandez, N., Abdelli, F. and Martinez, J.M. (1999). Effect of different vegetation type cover on the soil water balance in semi-arid areas of south eastern Spain. *Phys. Chem. Earth* (B), vol. 24 (4): 353-357.
- Berbel, J, Gutiérrez, M, López, J. 2005 Herramientas para el análisis de escenarios de política en el regadío del Valle del Guadalquivir. *Revista española de estudios agrosociales y pesqueros*, ISSN 1575-1198, N° 205, 2005, pags. 65-98
- Bosch, J.M. and Hewlett, J.D. (1982). A review of catchment experiments to determine the effect of vegetation changes on water yield and evapotranspiration. *J. Hydrol.* , 55: 3-23.
- Bruijnzeel, L. (1990). *Hydrology of moist tropical forests and effects of conversion: A state of knowledge review*. UNESCO, Paris.
- Calder, I.R. (2000). Forests and hydrological services: reconciling public and science perceptions. *Land Use and Water Resources Research* 2(2): 1-12.
- Callaway R. M. (2007) *Positive interactions and interdependence in plant communities*. Springer Verlag, New York.
- Cheng, S. y Wang, R., 2002. An approach for evaluating the hydrological effects of urbanization and its application. *Hydrological Processes*, 16:1403-1418.
- Chirino, E., Milagrosa, A., Hernández, E.I., Matos, A. & Vallejo, V.R. (2008). Effects of a deep container on morpho-functiona characteristics and root colonization in *Quercus suber* L. seedlings for reforestation in Mediterranean climate. *Forest Ecology and Management* 256: 779-785.

Correia, F. W. (2006). Impacto das modificações da cobertura vegetal no balanço de água na Amazônia: um estudo com modelo de circulação geral da atmosfera (MCGA). *Revista Brasileira de Meteorologia*, 21: 153-166.

Correia, F.W.S., Manzi, A.O., Cândido, L.A., Santos, R.M.N., Pauliquevis, T. (2007). Balanço de umidade na Amazônia e sua sensibilidade às mudanças na cobertura vegetal. *Ciência e Cultura*, 59: 39-43.

Cortina, J., Navarro, R.M. & Del Campo, A.D. (2006). *Evaluación del éxito de la reintroducción de especies leñosas en ambientes Mediterráneos. Chapter 1. In Calidad de planta forestal para la restauración en ambientes Mediterráneos. Estado actual de conocimientos.* Cortina, J., Peñuelas, J.L., Puértolas, J., Vilagrosa, A., y Savé, R. (Coord.). Organismo Autónomo Parques Nacionales. Ministerio de Medio Ambiente. Madrid.

Cosgrove y Rijsberman, 2001. The making of the World water vision exercise. In Rijsberman, F. Ed. *World Water Scenarios: analysis Earthscan*, Londres.

De Luís, M., González-Hidalgo, J.C., Raventós, J., Sánchez, J.R. & Cortina, J. (2000). Spatial analysis of rainfall trends in the region of Valencia (east Spain). *Int. J. Climat.* 20(12): 1451-1469.

De Simón, E., Ripoll, M.A., Bocio, I., Navarro, F.B., Jiménez, M.N. y Gallego, E. (2004). Preparación del suelo en repoblaciones de zonas semiáridas. In: Vallejo, V.R. & Alloza, J.A. eds. *Avances en el estudio de la gestión del monte mediterráneo.* Fundación CEAM, Valencia: 161-193.

Dudley, N. and Stolton, S. (2005). Restoring water quality and quantity. In: Mansourin, S., Vallauri, D. and Dudley, N eds. *Forest restoration in landscapes.* Springer, New York. Pp. 228-232.

Dumancic, D. and Le Houérou, H. N., 1980. *Acacia cyanophylla* Lindl. As supplementary feed for small stock in Lybia. In 'Browse in Africa. The current state of knowledge'. H.N. Le Houérou, ed. *International Livestock Center for Africa.* Addis Ababa.

Eck, T. F., Holben, B. N., Reid, J. S., O'Neill, N. T., Schafer, J., Dubovik, O., Smirnov, A., Yamasoe, M.A., Artaxo, P. (2003). High aerosol optical depth biomass burning events: a comparison of optical properties for different source regions. *Geophysical Research Letters*, 30(20): 2.035-2.048, doi: 10.1029/2003GL017861.

Ewel, J. J. and Putz, F. E., 2004. A place for alien species in ecosystem restoration. *Front. Ecol. Environ.* 2: 354-360.

Ferguson, B.K. (1994). *Stormwater infiltration.* Lewis Publ. Boca Raton, 269 p.

Follmann, G. (1963). Nordchilenische Nebelosen. UMSCHAU, Heft 4, 1010104.

Forti, M., Lavie, Y., Ben-Dov, Y., and Pauker, R., (2006). Long-term plant survival and development under dryland conditions in an experimental site in the semi-arid Negev of Israel. *J. Arid Environ.* 65: 1-28.

Fuentes, D., Valdecantos, A., Cortina, J. & Vallejo, V.R. (2007). Seedling performance in sewage sludge-amended degraded Mediterranean woodlands. *Ecol. Engineering* 31: 281-291.

Gangoiti, G., L. Alonso, M. Navazo, J. A. García, M. M. Millán, (2006): North African soil dust and European pollution transport mechanisms to America during the warm season: Hidden links shown by a passive tracer simulation. *J. Geophys. Res.*, 111.

Garen, D., y Moore, D. (2005). Curve number hydrology in water quality modeling: uses, abuses, and future directions. *Journal of the American Water Resources Association*, 41(2):377-388, 2005.

Gómez-Aparicio L., Zamora R., Gómez J. M., Hódar J. A., Castro J., & Baraza E. (2004) Applying plant facilitation to forest restoration: a meta-analysis of the use of shrubs as nurse plants. *Ecological Applications* 14: 1128-1138.

Gonzalez-Barbera G., Martinez F., Alvarez J., Albaladejo J., & Castillo V. (2005) Short- and intermediate-term effects of site and plant preparation techniques on reforestation of a Mediterranean semiarid ecosystem with *Pinus halepensis* Mill. *New Forests* 29: 177-198.

- Gracia C. A., Sabaté S. and Sánchez A. (2002). El cambio climático y la reducción de la reserva de agua en el bosque mediterráneo. *Ecosistemas 2* <http://www.aeet.org/ecosistemas/022/investigacion4.htm>
- Hamelin, B., F. E. Grouset, P. E. Biscaye, A. Zindler, J. M. Prospero, (1989): Lead isotopes in trade winds aerosols at Barbados: The influence of European emissions over the North Atlantic. *J. Geophys. Res.*, 94, 16,243-16250.
- Herbert, H., Eling, H.H. y Sánchez, M. (1999). Presas, canales y cajas de agua: la tecnología hidráulica en el Bajío mexicano
- Holmes, J.W. and Wronski, E.B. (1982). On the water harvest from afforested catchments. In *Proceedings of the First National Symposium on Forest Hydrology*, Melbourne, 11-13 May 1982: 6p.
- INPE. (2007). PRODES. [Accesible: <http://www.inpe.br/prodes>] [Acceso: 09/06/2008]
- IPCC. 2007. *The Physical Science Basis. Fourth Assessment Report of Working Group I*, Solomon S., Qin D, Manning M, Marquis M. Averyt K, Tignor M.M.B. Miller H and Chen Z., editors, (Cambridge Univ. Press, Cambridge).
- Jiménez, M.N., F.B. Navarro, M.A. Ripoll, I. Bocio, and E.De Simón, (2005). Effect of shelter tubes on establishment and growth of *Juniperus thurifera* L. (Cupressaceae) seedlings in Mediterranean semi-arid environment. *Annals Forestry Science 72*: 717-725.
- Keeney, R.L., Raiffa, H., (1993). *Decisions with Multiple Objectives*. Cambridge University Press, Cambridge.
- Kiviyi, J.K. y Sharma, T.C. (2002). Sand dams: source of water in arid and semi-arid lands of Kenya. In *Surface water hydrology*, Singh, Al-Rashed y Sherif, eds. Pp:643-653. Balkema
- Langford, K.J. (1976). Change in yield of water following a bushfire in a forest of *Eucalyptus regnans*. *J. Hydrol.*, 29: 87-114.
- Lino, Clayton F. (2003). *Águas e florestas da Mata Atlântica: por uma gestão integrada*. São Paulo,
- Ludwig J. A. & Tongway D. J. (1996) Rehabilitation of semiarid landscapes in Australia. II. Restoring vegetation patches. *Restoration Ecology 4*: 398-406.
- Ludwig, J.A. and Tongway, D. (1995). Spatial organisation of landscapes and its function in semi-arid woodlands, Australia. *Landscape-Ecology 10* (1): 51-63.
- Maestre, F.T., Bautista, S., Cortina, J., Bellot, J., (2001). Potential for using facilitation by grasses to establish shrubs on a semiarid degraded steppe. *Ecological Applications 11* (6): 1641-1655.
- Maestre, F.T., Cortina, J., Bautista, S., Bellot, J., Vallejo, V.R. (2003). Small scale environmental heterogeneity and spatio-temporal dynamics of seedling survival in a degraded semiarid ecosystem. *Ecosystems 6*: 630-643
- Marengo, J.A. (2006). On the hydrological cycle of the Amazon Basin: a historical review and current state-of-the-art. *Revista Brasileira de Meteorologia*, 21: 1-19.
- Margalef, R. (1996). Apropiació de l'aigua epicontinental i cicle global. *Quinzè Congrés de Metges i Biòlegs de Llengua Catalana (ed.)*. Llibre de Ponències. Barcelona, pp 35-46.
- Mari Gowda, M.H. (1974). Dry orcharding. *The Lal Baugh 19*(1/2):1-85.
- Mayor, A.G., (2008). El papel de la dinámica fuente-sumidero en la respuesta hidrológica, a varias escalas, de una zona mediterránea semiárida. Tesis doctoral, Universidad de Alicante.
- Mayor, A.G., Bautista, S., Gimeno, T. (2002). Logging of burned pines and rill erosion in Mediterranean drylands. International Arid Lands Consortium Conference 'Assessing capabilities of soil and water resources in drylands: the role of information retrieval and dissemination technologies', Tucson, Arizona, 20-23 October 2002.
- Millán, M.M., M<sup>a</sup>. J. Estrela, J. Miró, (2005). Rainfall Components Variability and Spatial Distribution in a Mediterranean Area (Valencia Region). *J. Climate*, 18, 2682-2705.

Mira Botella F. (1995) Repoblacion de las dunas de Guardamar del Segura. Memoria y láminas. (1929). In: pp. 1-12. Ilmo. Ayuntamiento de Guardamar del Segura, Guardamar del Segura.

MMA, 1998. *Libro Blanco del Agua en España: Documento de Síntesis*. Ministerio de Medio Ambiente, Madrid, 43 pp.

Molchanov, A.A. (1971). Cycles of atmospheric precipitation in different types of forests of natural zones of the USSR. In: P. Duvigneaud ed., *Productivity of forest ecosystems*. Proc. Brussels Symp., 1969 (Ecology and conservation, 4). UNESCO. Paris, pp 49-68.

Mondal, R.C. (1983). Salt tolerance of tomato grown around earthen pitchers. *Indian Journal of Agricultural Science* 53(5):380-382.

Monticino, M., Acevedo, M.F, Callicott, J.B., Cogdill, T., Lindquist, C. 2007. Coupled Human and Natural Systems: A Multi-Agent Based Approach. *Environmental Modeling and Software*. 22:656-663.

Mosquin, T, Whiting, P.G. & McAllister, D.E. (1995). *Canada's biodiversity: The variety of life, in status, economic benefits, conservation costs and unmet needs*. Canadian Museum of Nature, Ottawa, Ontario.

Navarro, R.M., Villar-Salvador, P. and del Campo, A. (2006). Morfología y establecimiento de los plantones. Chapter 4. In *Calidad de planta forestal para la restauración en ambientes Mediterráneos. Estado actual de conocimientos*. Cortina, J., Peñuelas, J.L., Puértolas, J., Vilagrosa, A., y Savé, R. (Coord.). Organismo Autónomo Parques Nacionales. Ministerio de Medio Ambiente. Madrid.

Noss, R.F. (1992). The wildlands project. *Wild Earth Special issue*: 10-25.

Observatorio de la Sostenibilidad en España (OSE), 2006. *Cambios en la ocupación del suelo en España. Implicaciones para la sostenibilidad*. Ministerio de Fomento, Madrid. 485 pp.

Odum, E.P. & Odum, H.T. (1972). Natural areas as necessary components of man's total environment. *Proceedings of the North American Wildlife and Natural Resources Conference*, 37: 178-189.

Oliet, J., R. Navarro, and O. Contreras. 2003. *Evaluación de la aplicación de mejoradores y tumbos en repoblaciones forestales*. Córdoba: Consejería de Medio Ambiente de la Junta de Andalucía.

Oyama, M.D.; Nobre, C.A. (2004). A simple potential vegetation model for coupling with the simple biosphere model (SIB). *Revista Brasileira de Meteorologia*, 19: 203-216.

Pausas, J.G., Bladé, C., Valdecantos, A., Seva, J.P., Fuentes, D., Alloza, J.A., Vilagrosa, A., Bautista, S., Cortina, J. & Vallejo, V.R. (2004). Pines and oaks in the restoration of Mediterranean landscapes of Spain: New perspectives for an old practice – a review. *Plant Ecology* 171: 209-220.

Pearce, D. 1993. *Blueprint. Measuring Sustainable Development*, Earthscan, Nueva York.

Peñuelas J.; Lloret F.; Montoya R. 2001. Severe Drought Effects on Mediterranean Woody Flora in Spain. *Forest Science* 47: 214-218.

Piñol J, Lledó MJ & Escarré A. (1991). Hydrological balance of two Mediterranean forested catchments. *Hydrological Sciences Journal*, 36:95-107

Post, D., Jakeman, A., Littlewood, I., Whitehead, P., Jayasuriya M., 1996. Modelling land-cover-induced variations in hydrologic response: Picaninny Creek, Victoria. *Ecological Modelling*, 86: 177-182.

Prinz, D. (1999). Water harvesting in the Mediterranean. *Science for Peace Series*, 9: 295-314. UNESCO

Prospero, J.M., P.J. Lamb, 2003: African droughts and dust transport to the Caribbean: Climate change implications. *Science*, 302, 1024-1037.

Puigdefábregas, J and Mendizabal, T. (1998). Perspectives on desertification: Western Mediterranean. *Journal of Arid Environments* 39 (2): 209-224.

Pulido Bosch, A. y Ben Sbih, Y. 1995. Centuries of artificial recharge on the southern edge of the Sierra Nevada (Granada, Spain). *Environ. Geol.*, 26: 57-63.

Querejeta I., Allen M. F., Alguacil M. M., & Rol-dan A. (2007) Plant isotopic composition provides insight into mechanisms underlying growth stimulation by AM fungi in a semiarid environment. *Functional Plant Biology* 34: 683-691.

Querejeta, J.I., Barberá, G.G., Granados, A., and Castillo, V.M. (2008). Afforestation method affects the isotopic composition of planted Pinus halepensis in a semiarid. *Forest Ecology and Management* 254: 56-64.

Roose E., Kabore V., & Guenat C. (1999) Zai Practice: A West African traditional rehabilitation system for semiarid degraded lands, a case study in Burkina Faso. *Arid Soil Res.Rehab.* 13: 343-355.

Rose, S. y Peters, N. (2001). Effects of urbanization on streamflow in the Atlanta area (Georgia, USA): a comparative hydrological approach. *Hydrological Processes*, 15:1441-1457.

Santos Pereira, L. (2004). Combating desertification: Water conservation and water saving issues in agriculture. In: Enne, G., Peter, D., Zanolla, C. and Zucca, C. eds. *The MEDRAP Concerted Action to support the Northern Mediterranean Action Programme to Combat Desertification. Workshops results and proceedings*, NRD, Sassari, pp 138-159.

Savoie, D.L., J. M. Prospero, S. J. Oltmans, W. C. Graustein, K. K. Turekian, J. T. Merrill, H. Levy, (1992): Source of nitrate and ozone in the marine boundary layer of the tropical North Atlantic. *J. Geophys. Res.*, 97, 11,575-11589.

Savoie, D.L., R. Akimoto, W.C. Keene, J.M. Prospero, R.A. Duce, J.N. Galloway, (2002): Marine biogenic and anthropogenic contributions to non-salt sulphate in the marine boundary layer over the North Atlantic Ocean. *J.Geophys. Res.*, 107(D18), 4356, doi:10.1029/2001JD000970.

Sawaf, H.M. (1980). Attempts to improve the supplementary irrigation systems in orchards in some arid zones according to the root distribution patterns of fruit trees. In *Rainfed Agriculture in the Near East and North Africa*. FAO, Rome, Italy. pp. 252-259.

Schelesinger, W.H. (1997). *Biogeochemistry. An analysis of global change*. Second Edition. Academic Press. San Diego.

Schemenauer, R.S. and P. Joe (1989). The collection efficiency of a massive fog collector. *Atmospheric Research*, 24, 53-69.

Schemenauer, R.S., C.M. Banic and N. Urquizo (1995). High elevation fog and precipitation chemistry in Southern Quebec, Canada. *Atmos. Environ.*, 29, No. 17, 2235-2252.

SERI - Society for Ecological Restoration International Science & Policy Working Group. 2004. The SER International Primer on Ecological Restoration. www.ser.org & Tucson: Society for Ecological Restoration International.

Shachori, A.Y. and Michaeli, A. (1965). Water yields of forest, maquis and grass covers in semiarid regions: a literature review. In F. D. Eckardt ed. *Méthodologie de l'écophysologie végétale*, UNESCO, Paris. pp. 467-477.

Shiek'h, M.T. and B.H. Shah. (1983). Establishment of vegetation with pitcher irrigation. *Pakistan Journal of Forestry* 33(2):75-81.

Silva, D. A. da, S.A. de Silva and H.R. Gheyi. (1985). Viability of irrigation by porous capsule method in arid and semi-arid regions. In *Transactions 12th Congress on Irrigation and Drainage*. International Commission on Irrigation and Drainage, New Delhi, India. pp. 753-764.

Steinitz, Carl, H. Arias, S. Bassett, M. Flaxman, T. Goode, T. Maddock, D. Mouat, R. Peiser, and A. Shearer. (2003)., *Alternative Futures for Changing Landscapes: The Upper San Pedro River Basin in Arizona and Sonora*, Island Press, Washington, D.C. 2003

Twery, M.J. y Hornbeck, J.W. (2001). Incorporating water goals into forest management decisions at a local level. *Forest Ecology and Management* 143 (2001) 87-93.

Ulbrich, U., T. A. Brücher, A. H. Fink, G. C. Leckebusch, A. Krüger, G. Pinto, 2003: The central

European floods of August 2002: Part 2 - Synoptic causes and considerations with respect to climatic change. *Weather*, 58, 371-377.

Valdecantos, A., Cortina, J. & Vallejo, V.R. (2006). Nutrient status and field performance of tree seedlings planted in Mediterranean degraded areas. *Annals of Forest Science* 63: 249-256.

Valdecantos, A., Fuentes, D. & Cortina, J. (2004). Utilización de biosólidos para la restauración de ecosistemas mediterráneos. In *Avances en el Estudio de la Gestión del Monte Mediterráneo*. (V.R. Vallejo y J.A. Alloza, Eds.). Pp. 313-344. Fundación CEAM, Valencia.

Valladares, F., Vilagrosa, A., Peñuelas, J., Ogaya, R., Camarero, J.J., Corcuera, L., Sisó, S. and Gil-Pelegrín, E. (2004). Estrés hídrico: ecofisiología y escalas de la sequía. In: *Ecología del bosque mediterráneo en un mundo cambiante* (F. Valladares, ed.). Ministerio de Medio Ambiente, Madrid.

Vallejo, V.R. & Alloza, J.A. (1998). The restoration of burned lands: The case of eastern Spain. In: *Large Forest Fires*. J.M. Moreno ed., pp 91-108. Backhuys Publ., Lieden.

Vallejo, V.R., Aronson, J., Pausas, J. & Cortina, J. (2006). Restoration of Mediterranean Woodlands. Chapter 14 in *Restoration Ecology*. The New Frontier. J. Van Andel and J. Aronson (Eds.). Blackwell Publ., Oxford. pp. 193- 207.

Vallejo, V.R., Bautista, S. & Cortina, J. (1999). Restoration for soil protection after disturbances. In: *Life and Environment in the Mediterranean*, L. Trabaud ed., WIT Press, Southampton. pp. 301-343.

Vallejo, V.R., Serrasolses, I., Cortina, J., Seva, J.P., Valdecantos, A. & Vilagrosa, A. (2000). Restoration strategies and actions in Mediterranean degraded lands. In: *Desertification in Europe: mitigation strategies, land-use planning*. G. Enne, Ch. Zanolla and D. Peter eds. EC DG XII, Environment and Climate programme, Brussels. pp. 221-233.

Van Wesemael, B., Poesen, J., Benet, A.S., Barrionuevo, L.C., and Puigdefábregas, J. (1998). Collection and storage of runoff from hillslopes

in a semi-arid environment: Geomorphic and hydrologic aspects of the aljibe system in Almería Province, Spain. *Journal of Arid Environments* 40 (1): 1-14.

Vörösmarty, C.J. y Sahagian, D., 2000. Anthropogenic disturbance of terrestrial water cycle. *BioScience*, 50 (9), 953-765.

Wear, D.N., Turner, M.G., Naiman, R.T., 1998. Land cover along urban-rural gradient: implications for water quality. *Ecological Applications*, 8(3), 619-630.

Zanini, L., and Ganade, G. (2005) Restoration of Araucaria forest: the role of perches, pioneer vegetation, and soil fertility. *Restoration Ecology*, 13: 507-514.

## CONCLUSIONES

### ¿El bosque atrae la lluvia? Interacciones entre usos de suelos y clima regional

La amazonía es una mezcla de agua y bosque, que por su extensión actúa como un sumidero de carbono a escala planetaria. Por su gran extensión y contenido en agua, las modificaciones sustanciales de sus bosques afectarían a la circulación regional y global, y al régimen climático.

La deforestación ocurrida en los estados de Rondonia y Matto Grosso está ocasionando una modificación en el patrón climático de la producción de lluvias, tanto a escala local como global.

Pérdidas del 20-40% del bosque, ocasionan subidas de 1 a 2,5 °C en la temperatura del aire, reduce el 15-30% la evapotranspiración, y disminuye la lluvia entre un 5 y un 20%.

Se aporta un modelo conceptual de funcionamiento del sistema climático del Mediterráneo y sus relaciones con el clima regional y global. Se plantea un modelo de la circulación atmosférica en la zona mediterráneas, con patrones de circulación que explican la ocurrencia o no de lluvias en la zona costera mediterránea por cambios en los usos del suelo, y su relación con las precipitaciones extremas de Centro Europa, o incluso en la zona del Atlántico Norte.

Bajo régimen de brisas en el Mediterráneo, las masas de aire marino en verano necesitan con frecuencia de un suplemento de agua para generar precipitaciones en las montañas próximas a la costa. El hecho de que dimensionalmente este suplemento de agua pudiera ser aportado a través de la evapotranspiración de la franja costera ofrece un referente para orientar la gestión de los usos del suelo que pudiera tener implicaciones en el régimen de lluvias.

La alteración de los usos de suelos y la deforestación pueden tener consecuencias en los mecanismos climáticos a diversas escalas.

### Optimizando las entradas de agua

Se sugiere que tanto en el medio rural como en el urbano, existen muchas estructuras que pueden usarse para recoger y encauzar las aguas de precipitación y escorrentía, aumentando la infiltración.

Los diques y graveras son eficaces en la retención e infiltración del agua, ya que por término medio se infiltra el 29% de las precipitaciones.

En cuanto a eficacia, la infiltración es mayor en las graveras que en los diques, pero ambos aparecen como estructuras eficaces para aumentar la infiltración y recarga de acuíferos.

La captación de agua de nieblas de altura, es un sistema viable que se ha probado en muchas partes del mundo, que genera agua potable, y es sostenible a largo plazo.

La captación de nieblas es un complemento a las entradas por precipitación, y se convierte en fundamental en zonas con escasas entradas de lluvia vertical.

La niebla puede ser gestionada para generar nuevas entradas, y utilizarse para aumentar superficies boscosas, que a su vez actúen de captadores y produzcan un progresivo aumento del agua disponible en una zona.

### ¿El bosque reduce los recursos hídricos consuntivos o los mejora a través de la regulación hidrológica de las cuencas?: ¿Cómo gestionar la planificación de los bosques en una perspectiva multifuncional?

La evapotranspiración potencial en condiciones mediterráneas es aproximadamente el doble que la precipitación.

Un gramo de C fijado por fotosíntesis requiere transpirar 500 g de agua.

En los claros y claras forestales, la evapotranspiración es constante, independientemente del número de pies por hectárea.

La evapotranspiración se lleva más del 90% del agua de precipitación. Es por lo tanto el parámetro más relevante a tomar en consideración en la gestión del bosque.

La capacidad de infiltración y el tiempo de permanencia del agua en la cuenca son los parámetros básicos para garantizar el flujo de base en los ríos.

### **La restauración forestal en la perspectiva de la lucha contra la desertificación**

La gestión de la transpiración para retener, en parte, en el mismo suelo y vegetación que la produce, puede contribuir a desarrollar un modelo de gestión del monte mediterráneo.

La modificación del albedo por parte de la vegetación puede afectar las características de las masas de aire y, eventualmente, el régimen de humedad local.

Los programas de restauración necesitan de la máxima información de la caracterización de la calidad de la planta, incorporando las mejores variedades y procedencias que pueden diferir mucho en su eficiencia en el uso del agua, técnicas de preparación del terreno poco agresivas para un aumento de la captura de escorrentía, utilizando el conocimiento de las interacciones entre plantas y de los efectos de la heterogeneidad espacial, la utilización de tubos protectores para el acondicionamiento microclimático del brinjal y la mejora de la fertilidad del suelo mediante enmiendas orgánicas moderadas.

Están disponibles en la práctica de la forestación (paisajismo y cultivo) en condiciones desérticas técnicas tradicionales actualizadas para el riego localizado en cantidades muy pequeñas y a bajo coste económico.

### **Opciones de planificación del territorio para optimizar los recursos hídricos**

La preocupación existente en la comunidad científica, las organizaciones sociales y las declaraciones políticas acerca del mal uso y las limitaciones de los recursos hídricos no se corresponde con la realidad de las actuaciones a nivel local, regional y global.

Existen herramientas de apoyo a la gestión (conocimiento científico, modelos, bases de datos, indicadores evolutivos, escenarios evaluados) que pueden hacer más efectivo un nuevo modelo de desarrollo más acorde con una gestión racional de los recursos hídricos.

Es precisa una coherencia, ahora inexistente, entre los distintos instrumentos de gestión, y las distintas autoridades y normativas, que afectan a las decisiones y actuaciones sobre los recursos hídricos.

### **El impacto de las políticas en los recursos hídricos**

La gestión del agua deber ser coordinada y congruente con las políticas de uso del territorio, y con las políticas energéticas y ambientales.

La participación ciudadana y de las organizaciones públicas locales debe garantizarse durante la elaboración de los instrumentos de gestión de los recursos hídricos.

Las políticas los programas de desarrollo rural deben incluir la compensación de los servicios ambientales que prestan los habitantes del medio rural.

La diversificación de actividades, no estrictamente agrarias, es una línea de progreso esperanzadora para el mantenimiento de las rentas de los agricultores.

## AUTORES Y COLABORADORES

**Acevedo, M.** Programa de Ingeniería Biológica y Ambiental, Universidad del Norte de Texas, Denton Texas 76203 EEUU

**Bellot, J.F.** Departamento Ecología, Facultad de Ciencias. Universidad Alicante.

**Bosco Senra, J.** Director de Recursos Hídricos, Secretaría de Recursos Hídricos y Ambiente Urbano, Ministerio de Medio Ambiente, República Federativa del Brasil

**Botey, J.** Secretario General de Arco Forestal Mediterráneo Europeo (ARCMED)

**Cortina, J.** Departament d'Ecologia. Universitat d'Alacant i Institut Multidisciplinari per a l'Estudi del Medi, Universitat d'Alacant. Ap. 99 E-03080 Alacant, España

**Gómez Orea, D.** Doctor Ingeniero Agrónomo. Universidad Politécnica de Madrid

**González Alonso, S.** Catedrático de la Universidad Politécnica de Madrid (España). Área de Proyectos de Ingeniería.

**Gracia, C.** Departamento de Ecología, Facultad de Biología, Universidad de Barcelona y CREAM, Centre de Recerca Ecològica i Aplicacions Forestals, UAB

**Kirketerp, C.** Press Officer. European Commissioner for Agriculture and Rural Development

**Luizao, F.** Brazilian Institute for Amazonian Research (INPA), Manaus (Brasil)

**Millán, M.** Director Ejecutivo. Fundación Centro de Estudios Ambientales del Mediterráneo (CEAM)

**Prieto, F.** Departamento de Ecología, Universidad de Alcalá.

**Pulido, A.** Catedrático de Hidrología. Universidad de Almería.

**Ramírez, J.J.** Alliant International University, San Diego (California)

**Rojo, L.** Jefe de Servicio y Coordinador del Programa de Acción Nacional contra la Desertificación. Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino.

**Ruiz de la Torre, J.** Profesor Emérito, Universidad Politécnica de Madrid

**Schemenauer, R.** Director Ejecutivo de FogQuest y Profesor Adjunto de Thompson Rivers University

**Steinitz, C.** Professor of Landscape Architecture and Planning. Universidad de Harvard

**Vallejo Calzada, R.** Fundación Centro de Estudios Ambientales del Mediterráneo (CEAM)

# PLANIFICACIÓN DEL FUTURO DEL AGUA Y LA TIERRA: ¿A NIVEL MUNDIAL? ¿A NIVEL REGIONAL? ¿A NIVEL LOCAL?

Carl Steinitz  
Conferencia magistral

El tema central de esta semana en EXPO Zaragoza es la relación entre el agua y la tierra. He organizado muchos estudios de ordenación paisajística y he trabajado con algunos de los mejores hidrólogos y economistas del agua a nivel mundial. El agua ha sido siempre un tema importante, considerado con frecuencia la restricción más importante de las políticas y planificaciones potenciales. Mi experiencia ha planteado una importante cuestión que será el eje central de esta charla: ¿A qué niveles debemos planificar el futuro de las tierras y sus habitantes y recursos, y especialmente

el agua? ¿A nivel local? ¿A nivel regional? ¿A nivel mundial? ¿A todos los niveles? ¿Simultáneamente? ¿De qué manera? ¿Se apoyan entre sí las respectivas planificaciones a estos niveles o entran en un conflicto importante?

Como decía Galileo: "Muchos mecanismos que funcionan a pequeña escala no ofrecen resultados a gran escala."

La cita de Galileo y este diagrama resumen mi ponencia.

cs. 2002



SIZE and numbers matter

Diversity  
FOODS  
centrality

The narrower  
the outer  
bands,  
the more  
authoritarian  
it seems

Centrality  
guides  
diversity

The narrower  
the inner  
bands,  
the more  
chaotic  
it seems.

The balancing concept  
is RISK, and this is  
a TENSION both in  
decision making and education.

| ANILLO – BANDA CENTRAL  |                                  |  |                      |
|---|----------------------------------|--|----------------------|
| Global  | Mundial                          | Laws   | Leyes                |
| Earth   | Tierra                           | Principles   | Principios           |
| Humanity  | Humanidad                        | Phys. Sciences   | Ciencias Físicas     |
| Singularity   | Singularidad                     | Treaty   | Tratado              |
| Stability   | Estabilidad                      |  |                      |
| ANILLO – BANDA INTERMEDIA   |                                  |  |                      |
| Regional  | Regional                         | Regions  | Regiones             |
| Nation  | Nación                           | Nations  | Naciones             |
| River basin   | Cuenca hidrográfica              | Hypotheses   | Hipótesis            |
| Watershed   | Vertiente                        | Models   | Modelos              |
| Landscape   | Paisaje                          | Social Sciences  | Ciencias Sociales    |
| [illegible]   | [Ilegible]                       | Hydrologists   | Hidrólogos           |
| Tribe   | Tribu                            | Movement   | Movimiento           |
| Ecosystem   | Ecosistema                       | Politics   | Política             |
| ANILLO – BANDA EXTERIOR   |                                  |  |                      |
| Local   | Local                            | Places   | Lugares              |
| Individual  | Individuo, persona               | Individuals  | Individuos, personas |
| Group   | Grupo                            | Ideas  | Ideas                |
| Client  | Cliente                          | Projects   | Proyectos            |
| Customer  | Cliente                          | Arts   | Artes                |
| Family  | Familia                          | Diversity  | Diversidad           |
| [illegible]   | [Ilegible]                       | Interaction  | Interacción          |
| House   | Casa                             | Experience   | Experiencia          |
| Garden  | Jardín                           |  |                      |
| Park  | Parque                           |  |                      |
| Scheme  | Plan                             |  |                      |
| Village   | Pueblo                           |  |                      |
| Child   | Niño                             |  |                      |
| Size and numbers  | Tamaño y cantidades              | Matter   | Materia              |
| Diversity ... centrality  | La diversidad ... la centralidad |  |                      |
| The narrower the outer bands, the more authoritarian it seems                               |                                  | Cuanto más estrechas son las bandas exteriores, más autoritario parece.  |                      |
| Centrality guides diversity   |                                  | La centralidad guía a la diversidad  |                      |
| The narrower the inner bands, the more chaotic it seems.                                    |                                  | Cuanto más estrechas son las bandas interiores, más caótico parece.  |                      |
| The balancing concept is RISK, and this is a tension both in decision making and education. |                                  | El concepto equilibrador es el RIESGO, y constituye una tensión tanto en la educación como en la toma de decisiones. |                      |

Steinitz, Carl, H. Arias, S. Bassett, M. Flaxman, T. Goode, T. Maddock, D. Mouat, R. Peiser, and A. Shearer. 2003., *Alternative Futures for Changing Landscapes: The Upper San Pedro River Basin in Arizona and Sonora*, Island Press, Washington, D.C. 2003

# EFFECTOS DE LA DEFORESTACIÓN EN EL AMAZONAS SOBRE EL RÉGIMEN DE LLUVIAS Y DE EVAPOTRANSPIRACIÓN

Flávio Luizão, Carlos Nobre, Antonio Manzi,  
Paulo Artaxo y Francis Correia

## RESUMEN:

En Sudamérica, la Amazonia representa 7 millones de kilómetros cuadrados, constituidos en su mayoría por denso bosque húmedo tropical o pluviselva, que representa una enorme fuente de evapotranspiración y que afecta enormemente a los regímenes de lluvias de la región. En los últimos años, los nuevos descubrimientos del Proyecto LBA (en la actualidad, el Programa de Investigación sobre las Interacciones Biosfera-Atmósfera en la Amazonia) han confirmado y explicado mejor la función del bosque como regulador vital del ciclo regional del agua, además del de toda Sudamérica.

El bosque emite una gran cantidad de compuestos orgánicos volátiles (COV) que contribuyen a la producción de nubes superficiales y relativamente calientes, muy eficaces para provocar lluvias en la región. La deforestación a gran escala puede alterar gravemente este mecanismo y modificar ampliamente los procesos de formación de nu-

bes y lluvias con reflejos en otras regiones vecinas o incluso lejanas. La región amazónica funciona como un importante centro de redistribución del vapor de agua que entra en la cuenca procedente del océano Atlántico, regulando así en parte la distribución anual de las lluvias en las regiones central y del sur de Brasil e incluso de Sudamérica.

Por otra parte, los cambios climáticos y ambientales a gran escala que afectan al régimen de lluvias de la Amazonia, como ilustró el fenómeno de El Niño, más frecuente en los últimos años, y la fuerte sequía amazónica durante 2005.

## PALABRAS CLAVE:

Servicios del ecosistema forestal, cambio climático, ciclo hidrológico en la Amazonia, nubes y lluvias amazónicas.

# EL CAMBIO CLIMÁTICO Y EL CICLO DEL AGUA EN EL SUR DE EUROPA: LA FUNCIÓN DE LOS UMBRALES CRÍTICOS Y LOS PROCESOS RETROACTIVOS

Millan M. Millan

## RESUMEN:

Alrededor del mar Mediterráneo podemos encontrar desiertos y condiciones semidesérticas muy próximas a un mar cálido y, por consiguiente, a una masa atmosférica marina con alto contenido de humedad, por ejemplo, las costas de Marruecos, Argel, Túnez, Libia y Almería, situada en el sudeste español. Estas regiones estaban cubiertas de vegetación en la época histórica, es decir, durante el Imperio Romano y, en el caso de Almería, hace tan sólo 150 años, antes de que los bosques se utilizaran como minas de plomo y combustible. La pregunta es: ¿pusieron en marcha un ciclo de procesos retroactivos con la eliminación de los bosques? Los resultados de diecisiete Proyectos de Investigación de la Comisión Europea (reconocimientos) indican que podría ser este el caso.

Este trabajo muestra que el sistema hidrológico de esta región es muy sensible a los cambios territoriales y, más recientemente, también a los efectos de la contaminación del aire. Ambos se pueden combinar para superar los niveles umbral críticos, es decir, la altura de los niveles de condensación de las nubes con respecto a la altura de las cadenas montañosas costeras. Esto da como resultado la pérdida de las tormentas veraniegas e inclina el clima regional hacia la desertificación y la sequía. En la Cuenca Mediterránea Occidental el vapor de agua no precipitada vuelve y se acu-

mula en el mar a alturas que superan los 5.000 m, durante períodos de entre 3 y 10 días en el verano.

Además, las modificaciones y las perturbaciones del ciclo hidrológico en cualquier parte de la cuenca podrían propagarse a toda la cuenca y regiones adyacentes y, en última instancia, al sistema climático mundial, a través de otros mecanismos. Estos suponen:

- (1) un aumento de la ciclogénesis mediterránea en otoño-invierno a través del calentamiento acumulado (efecto invernadero) de la superficie marina por el vapor de agua y los agentes contaminantes (ozono) que se acumulan sobre el mar,
- (2) el envío de vapor de agua acumulado a otras regiones al término de cada ciclo de acumulación-recirculación de 3-10 días, que puede contribuir a las inundaciones de verano en Europa Central y del Este y
- (3) cambios en el equilibrio evaporación-precipitación sobre el Mediterráneo, lo que aumenta su salinidad y activa la válvula de salinidad Atlántico-Mediterráneo.

## PALABRAS CLAVE:

Realimentaciones climáticas, sequía, ciclo hidrológico, clima mediterráneo.

# TÉCNICAS PARA AUMENTAR LA RECARGA DE ACUÍFEROS EN LAS REGIONES SEMIÁRIDAS

Antonio Pulido-Bosch y Wenceslao Martín-Rosales

## RESUMEN:

Presentamos los principales métodos potenciales de recarga de acuíferos en las regiones semiáridas. La escasez de recursos hídricos en las regiones semiáridas se acompaña a menudo de breves períodos de precipitaciones muy intensas que pueden generar inundaciones potencialmente catastróficas. En dichas zonas, el agua de escorrentía se puede recoger para la recarga de los acuíferos y ofrecer valiosas contribuciones para la prevención de inundaciones y la gestión de los recursos hídricos. Presentamos un estudio realizado en el sudeste español en el que se calcula la recarga procedente de varios diques, así como la de

diversas graveras excavadas para suministrar grava para su uso en invernaderos. Las graveras están situadas en los sectores apicales de los abanicos aluviales que revisten las unidades hidrogeológicas que están ampliamente sobreexplotadas, así que están bien posicionadas para su uso como recarga artificial. El estudio demuestra la alta eficacia hidrogeológica de dichas graveras para este fin.

## PALABRAS CLAVE:

Diques, recarga de acuíferos, graveras excavadas, modelización hidrológica.

# LA NIEBLA: UNA FUENTE SOSTENIBLE DE AGUA PARA LAS PERSONAS, LOS BOSQUES Y LA RESTAURACIÓN FORESTAL

Robert S. Schemenauer

## RESUMEN:

La niebla es una parte natural del ciclo hidrológico y, al igual que las precipitaciones, ofrece una fuente vital de agua para toda la vida. Su contribución al aporte de agua en un emplazamiento concreto puede variar desde el 0 % hasta casi el 100% en algunos entornos desérticos de gran elevación. La niebla se compone de pequeñas gotas de agua de entre 1 y 40  $\mu$ m de diámetro. Los diámetros habituales de las gotas son de alrededor de 10  $\mu$ m. Algunos tipos de árboles son eficaces a la hora de recoger estas pequeñas gotas de niebla que transporta el viento. Se fusionan en las hojas para formar gotas mayores y después caen al suelo. En zonas de bosque de gran elevación, en latitudes templadas, este proceso puede proporcionar

entre el 20 y el 50 % del aporte de agua a un ecosistema. La organización benéfica FogQuest utiliza unas mallas que han sido seleccionadas a propósito para recoger el agua de la niebla en los entornos áridos, con el fin de abastecer de agua a las comunidades para usos domésticos, agrícolas y forestales. En esta ponencia se presentarán los antecedentes sobre la recogida de niebla y algunas aplicaciones actuales.

## PALABRAS CLAVE:

Niebla, recogida de niebla, desierto, hidrología forestal.

# INTEGRACIÓN DE LA PRODUCCIÓN DE AGUA EN LOS CRITERIOS DE GESTIÓN FORESTAL.

## MULTIFUNCIONALIDAD Y PRERREQUISITOS

Leopoldo Rojo Serrano

### RESUMEN:

Las necesidades crecientes de consumo del recurso agua unidas a las previsiones de mayor aridez que augura en amplias zonas el cambio climático, determinan un renovado interés por el papel de los bosques en la producción de agua. Después de casi un siglo de experimentación de campo, sabemos que la disminución de la densidad de la cobertura arbórea conduce a aumentos en la cantidad de agua evacuada por la cuenca en magnitudes significativas. La complejidad de la fase superficial del ciclo hidrológico y la necesidad de considerar la influencia de las cubiertas forestales en el régimen hidrológico, unido al hecho de que sean los caudales de estiaje y no los máximos ni los medios, los que determinan la capacidad de este para satisfacer un abastecimiento, añaden una nueva dimensión al análisis de la cuestión. Lo cual debería ser atendido por un esfuerzo investigador adicional. La necesidad de salvaguardar la

calidad del agua y la protección de suelo, junto con la persistencia del ecosistema forestal, constituyen los prerrequisitos fundamentales para cualquier acción encaminada al aumento de la producción de agua.

La diversidad de usos y demandas sobre los bosques determinan perspectivas de gestión multifuncional. De acuerdo con los conocimientos actuales es posible, no obstante, estudiar aproximaciones de gestión forestal admisibles que consideren al agua como producto principal. Se proporcionan algunos criterios de partida para su discusión en la Tribuna del Agua de la EXPO 2008, Zaragoza.

### PALABRAS CLAVE:

Hidrología, gestión forestal, producción de agua, protección del suelo.

# LA PRODUCCIÓN DE AGUA DEPENDE DE LA COMPENSACIÓN ENTRE AGUA Y CARBONO EN LOS ECOSISTEMAS FORESTALES

Carlos Gracia

## RESUMEN:

La regulación del agua y el carbono entre la vegetación y la atmósfera es un proceso biosférico fundamental con procesos reactivos ante el sistema físico a diversas escalas espacio-temporales (Claussen 1998; Houghton *et al.* 1998; Waring and Running 1998; Prentice *et al.* 2001). Un elemento clave de los ciclos agua/carbono comprende la fijación del dióxido de carbono atmosférico (CO<sub>2</sub>) por medio de la fotosíntesis y su liberación mediante la respiración autotrófica y heterotrófica. El intercambio neto de los ecosistemas (NEE) es la absorción o liberación neta de carbono por parte de los ecosistemas terrestres.

El ciclo terrestre del agua incluye las precipitaciones que se introducen en la vegetación procedentes de la atmósfera y su reciclaje a la atmósfera mediante la evapotranspiración (la evaporación de las superficies húmedas y la transpiración a través de los estomas) y la escorrentía a lagos u océanos.

La división de las precipitaciones entrantes en evapotranspiración y escorrentía queda determinada en parte por el clima (Monteith and Unsworth 1990) y en parte por factores como el Índice de Superficie Foliar (LAI), la estructura de cubierta y las propiedades hidráulicas de la vegetación y el suelo. Los ciclos del agua y el carbono están íntimamente relacionados, ya que las respuestas de los estomas controlan simultáneamente la transpiración y la absorción de CO<sub>2</sub> y porque la descomposición microbiana está fuertemente obligada por las condiciones de humedad del suelo, ya que tanto el exceso como la escasez de agua reducen la actividad microbiana.

## PALABRAS CLAVE:

Ciclo del agua, absorción de carbono, eficacia del uso del agua, coste de mantenimiento y formación de tejidos vivos.

# CUBIERTA VEGETAL Y AGUA

Juan Ruiz de la Torre

## RESUMEN:

El amplio tema de las relaciones entre vegetación y recursos hídricos se expone en forma sintética.

Se hace referencia a la posición de la cubierta vegetal en la biósfera y su carácter complejo que le confiere valor indicador, al lado de otros valores y funciones. Los tipos de vegetación vienen caracterizados por las formas de vida dominantes, dependientes de los tipos de clima y modificadas por los tratamientos a que se hallan sometidas.

Entre las funciones de la vegetación que afectan a las disponibilidades de agua se alude a las que siguen.

- ▶ Modificación del albedo o tasa de energía incidente que es reflejada, máxima para bosque denso.
- ▶ Regulación de la escorrentía de superficie, condicionada por el relieve, pero creciente con talla, densidad y rigidez de la vegetación.
- ▶ La cubierta vegetal es un sumidero de carbono, regulador del clima y reductor de sus cambios.
- ▶ La inyección de agua a la atmósfera por fotosíntesis y transpiración significa un gasto consuntivo de agua, pero puede contribuir en alguna forma al incremento de precipitaciones, asunto en estudio por el CEAM.

- ▶ El suelo maduro constituye un banco hídrico edáfico, regulador del consumo de agua.

- ▶ La reducción de la erosión con la densificación de las cubiertas tiene beneficiosas influencias en la calidad del agua y en la operatividad duradera de los sistemas de macrorregulación y transferencia.

- ▶ Retención del polvo atmosférico, con aportación de nutrientes al banco edáfico y ayuda a la vegetación.

- ▶ Pérdidas de agua por sublimación de nieves, considerablemente reducida con arbolado denso, por debajo de la timber line, cuestión no tenida en cuenta habitualmente en la planificación de recursos de agua.

- ▶ Papel negativo del incendio forestal y efectos de su recurrencia.

- ▶ Acción de la fauna y consecuencias de cargas excesivas.

- ▶ Consecuencias de los cambios en la distribución sectorial de la población en el aprovechamiento de recursos renovables y fuerte reducción de los energéticos, ganadería extensiva y agricultura marginal.

Se concluye con una referencia a las vegetaciones protectoras y procedencia de la restauración por fases.

# SISTEMAS DE RIEGO MÁS EFICIENTES PARA RESTAURACIONES EN DESIERTOS Y ZONAS SECAS

David A Bainbridge y Jose Javier Ramirez Almoril

## RESUMEN:

Uno de los desafíos más grandes para la agricultura, agroforestería, recursos forestales, y restauración en general, consiste en establecer plantas y cultivos en zonas estacionalmente o permanentemente secas. Este hecho está aumentando la importancia de este desafío, a medida que el cambio climático crea nuevas zonas áridas y provoca más episodios de lluvia esporádicos. Aunque muchas zonas amplias del mundo siguen siendo manejadas por un número pequeño de dueños con limitados recursos, estos métodos de bajo coste que pueden ayudarles a disminuir pérdidas han sido olvidados por estudios científicos y por programas internacionales de desarrollo. Los sistemas de riego por goteo son bien conocidos, pero otros métodos alternativos de riego que podrían funcionar a la perfección no han sido sufi-

cientemente estudiados o publicados. Entre estos se incluyen: tubos profundos, macetas de arcilla enterradas, cápsulas porosas, mechas, mangueras porosas e irrigación subterránea con tubos perforados. Estos métodos requieren mucha menos agua y además funcionan bien en zonas de gran pendiente. Además, reducen dramáticamente el crecimiento de malas hierbas debido a que el agua llega exclusivamente al cultivo.

## PALABRAS CLAVE:

Irrigación, eficiencia, tubo profundo, maceta de arcilla enterrada, mecha, cápsula porosa, manguera porosa, tubo perforado, lugar remoto, pendientes, sequía.

# OPCIONES PARA OPTIMIZAR EL USO DEL AGUA EN LAS PLANTACIONES

Jordi Cortina Segarra

## RESUMEN:

La ecología de la restauración pretende recuperar los ecosistemas que han sido dañados, degradados o destruidos. En los terrenos de secano, la restauración supone habitualmente la implantación de una capa vegetal protectora que reducirá la vulnerabilidad del ecosistema ante las perturbaciones y la tensión. En las últimas décadas se han realizado importantes avances para mejorar el éxito de la plantación mediante la selección de especies y genotipos adecuados, con la producción de plantas de semillero de alta calidad y la

creación de microhábitats favorables para el establecimiento de los semilleros, la gestión de las interacciones bióticas y la planificación del paisaje. Aquí revisamos algunos de estos avances y comentamos algunos de los retos venideros.

## PALABRAS CLAVE:

Restauración ecológica, eficiencia en el uso del agua, modelos de estado y transición, ecotecnología, facilitación.

# MODELACIÓN DE LOS CAMBIOS DE COBERTURA DEL TERRITORIO Y SUS CONSECUENCIAS HIDROLÓGICAS

Miguel F. Acevedo y Howard Redfearn

## RESUMEN:

Los cambios de uso del territorio en las cuencas hidrográficas son acciones humanas muy prevalentes que afectan el comportamiento de la cantidad y calidad del agua en las cuencas. Los factores principales son cambios en la permeabilidad de la superficie, la remoción de suelo, y los cambios de cobertura vegetal. Ha sido práctica común que se efectúan dichos cambios sin planificación cuidadosa que tome en cuenta los efectos potencialmente negativos sobre los recursos de agua. El avance en los modelos de hidrológicos provee una herramienta que permite anticipar los posibles efectos potenciales de dichos cambios. Aun más, el desarrollo de los modelos de toma de decisión multi-agentes acoplados a los modelos hidrológicos, despunta como una metodología que permita incluir los múltiples actores humanos

en los cambios de una cuenca. En este artículo presentamos dos ejemplos de modelos aplicados a una cuenca en el centro norte del Estado de Texas en los EEUU de Norteamérica. En el primer ejemplo se describe la aplicación de un modelo hidrológico para la planificación del uso del territorio, y en el segundo de describe el uso de un modelo multi-agente para entender la dinámica del proceso de cambios de uso del territorio. El modelo presentado en el segundo ejemplo puede usar resultados del modelo presentado en el primer ejemplo. De este modo se logra un enfoque integrado.

## PALABRAS CLAVE:

Modelos, cuencas, uso del territorio.

# PROSPECTIVA 2030 EN LOS CAMBIOS DE OCUPACIÓN DEL SUELO EN ESPAÑA Y SUS IMPACTOS EN EL CICLO HIDROLÓGICO: ALGUNAS IDEAS PARA UN FUTURO SOSTENIBLE

Fernando Prieto y Paloma Ruiz

## RESUMEN:

El desarrollo de diferentes escenarios de ocupación del suelo es fundamental para el análisis de los efectos previsibles sobre el ciclo hidrológico. Las zonas artificiales y cultivos de regadío son los que provocan un mayor impacto sobre el ciclo hidrológico, por la demanda y vertido de aguas. Dependiendo de cómo se desarrollen en el futuro estos tipos de ocupación se producirán diferentes efectos sobre el ciclo hidrológico. Se han desarrollado tres escenarios para el 2030:

(1) “Tendencial”, que mantiene la tendencia de cambios de ocupación observada entre 1987 y 2000, de incremento de la superficie artificial y de cultivos de regadío;

(2) “Mad-Max”, que acelera estas tendencias, asociadas a una sobreexplotación del agua, y

(3) “Technogarden”, que prevé una estabilización de estas superficies asociada a un desarrollo de tecnologías, con apoyo al conocimiento y mantenimiento de los procesos ecológicos.

Se observa la insostenibilidad de las tendencias actuales en el uso del agua por el fuerte aumento de la demanda que se observa respecto a unos recursos limitados. Se subraya la necesidad de la sociedad de llegar en el 2030 a un escenario óptimo, sostenible o “Technogarden” para asegurar la disponibilidad de agua para la población y los ecosistemas, especialmente con las condiciones previsibles de cambio climático.

Se ilustra la importante relación entre los cambios de ocupación del suelo y el ciclo hidrológico, y se concluye que, a pesar de las incertidumbres existentes asociadas a la prospectiva y generación de escenarios, es una herramienta útil y preventiva, necesaria para la futura planificación conjunta de los usos del agua y del suelo.

## PALABRAS CLAVE:

Cambios ocupación y uso del suelo, ciclo hidrológico, irreversibilidad de procesos, superficie artificial, regadíos, demandas hídricas, nuevas tecnologías, principio de precaución, impacto sobre la sostenibilidad, planificación conjunta.

# LA GESTIÓN DE RECURSOS HÍDRICOS, AMBIENTALES Y EL USO DEL SUELO EN BRASIL: REFLEXIONES, ANTECEDENTES SOBRE POLÍTICAS Y LEGISLACIÓN, Y ASPECTOS PARA LA INTEGRACIÓN

João Bosco Senra

*El agua es la sangre de la Tierra (Sabiduría indígena)*

## RESUMEN:

Varios impactos negativos observados en los cuerpos de agua se originan a partir del uso inadecuado y la ocupación del suelo, generados por la creciente presión sobre los recursos naturales sin respetar la capacidad de soporte de los mismos. Ante tal situación, es necesario que el poder público y la sociedad, en forma pactada y solidaria, busquen soluciones a esta problemática, teniendo

en cuenta la importancia de avanzar en los marcos legales e institucionales, y buscar sinergias entre determinadas políticas públicas, especialmente aquellas que tratan del uso y ocupación del suelo, de la gestión de los recursos hídricos y de la gestión ambiental para su aplicación práctica y en beneficio equitativo para todos los ciudadanos. En este sentido, este artículo presenta, de forma breve y objetiva, los avances y retos que Brasil encuentra en la búsqueda de la articulación de estos temas.

Semana Temática 2

# AGUA Y CIUDAD

[ Pautas de los gobiernos locales  
para la sostenibilidad ]



# Documento de síntesis<sup>4</sup>

Coordinador: Francisco Javier Celma Celma

## EL AUMENTO DE LA POBLACIÓN URBANA

Aproximadamente, el 3% de la superficie terrestre está ocupada por áreas urbanas, encontrándose las mayores concentraciones a lo largo de las costas y de los corredores fluviales. La estrecha relación del agua como recurso vital y como medio de transporte ha supuesto que las aguas continentales y los corredores fluviales hayan sido importantes a la hora de determinar la organización espacial y la distribución de los asentamientos urbanos.

En el siglo XX, la población urbana mundial se multiplicó por diez, mientras que la población rural que también creció, sólo se duplicó. La mayor parte de la población urbana reside en ciudades de más de 500.000 habitantes disponiendo en la actualidad de 20 megalópolis de más de 10 millones de habitantes.

Hoy en día, las ciudades siguen siendo polos de atracción que originan grandes flujos migratorios en busca de oportunidades de trabajo, estabilidad, educación, relaciones,... Sin embargo las propias estructuras urbanas, económicas y sociales de las mismas son incapaces de dar soluciones adecuadas a éstos flujos migratorios.

En el año 2030, y según estimaciones de Naciones Unidas, 3.000 millones de personas vivirán en el medio rural frente a 5.000 millones que lo harán en ciudades o en el entorno de ellas.

En la segunda mitad del siglo XX, la mayor parte del crecimiento mundial de la población urbana tuvo lugar en los países de ingresos medios y bajos, siendo probable que en los próximos veinte a treinta años, este fenómeno se registre con mayor intensidad en zonas urbanas de África, Asia y América latina.

La concentración de demanda de agua en las zonas urbanas añade una dimensión muy localizada a estas tendencias demográficas más amplias. Allí donde el uso del agua excede de la capacidad de los suministros locales, la sociedad depende de fuentes de captación externas e infraestructuras asociadas (embalses, tuberías, canales...) para transportar el agua a través de largas distancias o bien de la extracción de aguas subterráneas, ambas prácticas insostenibles a largo plazo.

Muchas ciudades importantes han tenido que extraer o transportar el agua dulce de cuencas hidrográficas más lejanas, debido bien a que las fuentes de suministro locales ya no cubren las necesidades o bien a que las mismas están contaminadas. Esta situación paradójicamente afecta

<sup>4</sup> Documento elaborado a partir de las comunicaciones escritas, las presentaciones orales, las discusiones a lo largo de la celebración de las sesiones y el destilado de las mismas preparado por los moderadores, relatores y coordinador con el soporte del equipo de Tribuna del Agua.

no solamente a ciudades con economías medias o pobres, sino también a economías más saneadas.

En el año 2000, más de 900 millones de habitantes en zonas urbanas en los países de ingresos medios y bajos vivían en suburbios, no disponiendo de acceso al suministro de agua potable o bien con dotaciones insuficientes, o sin las necesarias garantías de higiene y salud, mientras que en España el consumo diario de agua de cada español se sitúa en 178 litros al día.

Parece, necesario repensar los modelos de crecimiento urbano, sus necesidades anabólicas y catabólicas, las fuentes de captación, las infraestructuras, los sistemas de tratamiento, las políticas tarifarias,... en definitiva las formas de gobierno de la gestión urbana del agua. No podemos afrontar los retos del siglo XXI con soluciones del pasado. En esta línea de reflexión se ha trabajado en la semana temática "Agua y Ciudad. Pautas de los Gobiernos Locales para la Sostenibilidad".

## MARCO DE REFERENCIA

La Conferencia de Río de 1992 sobre desarrollo y medio ambiente, organizada por Naciones Unidas, es el punto de inflexión en donde se definen y establecen los principios generales con carácter universal de la política ambiental. En particular debe resaltarse el valor de la Declaración de Río de Janeiro sobre el medio ambiente y desarrollo (definición del concepto de desarrollo sostenible) con 27 principios que hoy son internacionalmente aceptados y desarrollados en distinta medida por los Estados Nacionales. Sin embargo, en la citada Conferencia no se hace referencia explícita al agua al igual que a ningún otro recurso natural singularizado.

En Río se pone de manifiesto que ningún problema ambiental se presenta de forma aislada y por lo tanto no se puede afrontar su resolución

si no se desarrollan políticas integrales dirigidas a tratar las causas que lo provocan y en el marco de la perspectiva internacional.

Fue en el Consejo Europeo en 1968 donde se estableció la Carta del Agua definiendo los principios básicos sobre la gestión del recurso, preámbulo del "Plan de Acción sobre el Agua" en Río de la Plata en 1977.

Es importante destacar la Cumbre Mundial sobre desarrollo sostenible de Johannesburgo en septiembre de 2002, que cubre algunos de los acuerdos específicos referidos en el Plan de Implementación, nos referimos a:

- ▶ reducir a la mitad la proporción de población sin acceso a agua ni saneamiento para 2015 (puntos 7.º y 24.º).
- ▶ desarrollar estrategias de gestión integrada del suelo, del agua y de los recursos vivos (punto 23.º).
- ▶ desarrollar para el año 2005 planes integrados de gestión de los recursos hídricos (punto 25.º).
- ▶ reforzar la investigación en temas de agua (punto 27.º).
- ▶ reforzar la coordinación entre los organismos internacionales que trabajan en temas de agua (punto 28.º).

En la Declaración Ministerial de 2003 en Kioto, tres principios son reconocidos como prioritarios en la actuación sobre el agua: la buena gobernanza, la capacidad constructiva y la financiación. En relación con la gobernanza, la información y la participación de los agentes sociales así como la necesidad de alcanzar los principios de recuperación de costes en el aspecto financiero y la colaboración entre lo público y lo privado que permitan hacer frente a las cuantiosas inversiones, son cuestiones importantes para afrontar los nuevos retos.

El papel que deben desempeñar los gobiernos locales en la consecución de los objetivos de sos-

tenibilidad viene recogido en el artículo 28 de la AGENDA 21 aprobada en la conferencia de Río: *“Las autoridades locales se ocupan de la creación, el funcionamiento y el mantenimiento de las infraestructuras económica, social y ecológica, supervisan los procesos de planificación, establecen las políticas y reglamentaciones ecológicas locales y contribuyen a la ejecución de las políticas ambientales en los planos nacional y subnacional. En su carácter de autoridad más cercana al pueblo, desempeñan una función importantísima en la educación y movilización del público en pro del desarrollo sostenible.”*

El embrión de esta semana temática se encuentra en la “Carta de Aalborg” firmada el 27 de Mayo de 1994 en la ciudad que le da el nombre. En este documento se destaca el papel fundamental que desempeñan las ciudades y sus gobiernos en la sostenibilidad del planeta, habida cuenta de que el 80% de la población europea vive en zonas urbanas. Diez años después, tras el “Plan de Acción de Lisboa – De la carta a la Acción” (1996), del “Llamamiento de Hannover a los líderes y gobernantes municipales europeos de cara al siglo XXI” (2000) y del Llamamiento de Johannesburgo” (2002), los gobiernos locales adoptan unos compromisos en la “Conferencia Aalborg + 10 – Inspiración para el Futuro” (2004). Es ahí donde, entre otros, bajo el epígrafe “bienes naturales comunes”, se recoge el compromiso que se refiere al agua: *“mejorar la calidad del agua, ahorrar agua y hacer un uso más eficiente de la misma.”*

Los contenidos de esta semana temática giran en torno a diversos ejes: la eficiencia del agua en las ciudades; los modelos de ciudad; el paisaje urbano; el papel de la sociedad civil; la incertidumbre y el cambio climático; y, finalmente, el papel de las redes de ciudades. En este sentido, se propone sustituir el tópico de “gestión de la demanda del agua” por el de “gestión de los límites”, lo que obliga a plantearse objetivos claros y a diseñar políticas y actuaciones que nos permitan prepararnos y adaptarnos al cambio climático.

## EJES TEMÁTICOS

En el primer eje, EFICIENCIA DEL AGUA EN LAS CIUDADES, se incluyen los siguientes aspectos: el papel de las nuevas tecnologías, las buenas prácticas urbanas y los sistemas de tarifas. En concreto, se trata de profundizar sobre en qué medida las nuevas tecnologías relativas a contadores digitales, diseño de redes, sistemas de potabilización del agua o sistemas de depuración, entre otros, permiten mejorar la gestión del agua. Las nuevas tecnologías avanzan en varias direcciones: desde el diseño de modelos que, por ejemplo permiten identificar qué conducciones de agua potable, cuándo y cómo deben ser restauradas o renovadas, buscando la reducción sistemática de las pérdidas en la distribución; con diferentes métodos que tratan de ahorrar y reducir los consumos domésticos –como es el caso de cisternas de capacidad reducida, de la utilización de electrodomésticos eficientes,... o las nuevas tecnologías de riego eficiente para los jardines públicos, por ejemplo; hasta la utilización de aguas grises en aquellos casos en que sea posible.

Por otro lado, el diseño de nuevos sistemas de tarifas pretende, además de la recuperación de los costes del servicio de suministro de agua, que tales costes se repartan de forma equitativa entre los usuarios, consiguiendo una asignación eficiente del agua entre los distintos usos y minimizando los impactos ambientales negativos. Los sistemas tarifarios, necesariamente, deben ser diferentes en distintos entornos socioeconómicos. Por esta razón, no es de esperar que las tecnologías y las tarifas utilizadas en las diferentes ciudades tengan que coincidir; más bien al contrario, cada ciudad deberá desarrollar sus mejores prácticas adecuando las políticas del agua al territorio y a sus economías locales para alcanzar un uso eficiente del agua.

Es importante comprender la diferencia entre valor y precio. El valor del agua viene determinado por su importancia ambiental, paisajística y socio-cultural y la amplia gama de beneficios económicos directos e indirectos que ésta ofrece. El precio

del agua es lo que se cobra a los usuarios. Por otra parte, el coste del agua en sentido estricto –como recurso– se corresponde con el coste de oportunidad de su uso; es decir, con el valor al que se renuncia al tener que prescindir de su mejor uso alternativo (incluidas sus funciones medioambientales). Aunque en la práctica, el agua para usos urbanos incluye, además, los costes incurridos en el proceso de suministro de agua potable y posterior tratamiento de las aguas residuales. Diferenciar estos conceptos es un primer paso esencial para comprender el papel que desempeña la valoración económica en la gestión y gobernabilidad del agua y, a la vez, para garantizar un acceso equitativo al recurso agua, satisfaciendo las necesidades de las personas más desfavorecidas de la sociedad.

En el caso de las sociedades con recursos, los equipos de medida inteligentes cobran especial relevancia: no sólo miden el agua utilizada, sino que, además, indican cómo se ha consumido, pudiendo desarrollarse nuevos sistemas tarifarios al detectar consumos anómalos o malas prácticas así como la localización de fugas.

Por último, en la búsqueda de la eficiencia, un debate de fondo es el que gira en torno a la participación del sector privado en el servicio de abastecimiento y saneamiento del agua. La experiencia en algunas ciudades muestra tanto resultados positivos como negativos en los distintos modelos de gestión. Entendemos que lo que debe primar no es el esquema adoptado, sino que el mismo se rija por criterios de honestidad, equidad y calidad en la gestión del servicio ajustándose en todo momento a las condiciones territoriales, ambientales y socioeconómicas locales.

El segundo eje, MODELOS DE CIUDAD, gira en torno a la influencia que el esquema urbanístico elegido tiene sobre la gestión del agua. Ciudades dispersas y difusas requieren de sistemas de redes más complejos que, finalmente, son más vulnerables y difíciles de controlar que los correspondientes a ciudades compactas. No obstante, el principal problema es el enorme atractivo que

siguen teniendo las ciudades que trae como consecuencia el constante aumento de la población. Las ciudades siguen siendo puntos de dinamismo económico, de intercambio cultural, de relaciones humanas; siguen siendo polos de atracción de importantes flujos migratorios. Además, todas las tendencias actuales a nivel mundial prevén que en los próximos años este proceso se va a intensificar con una mayor incidencia en torno a las zonas costeras. El fuerte desarrollo que se está produciendo en las ciudades asiáticas o, en un horizonte más cercano, en torno al mediterráneo, es una constatación. Este proceso se produce, en general, sin tener en cuenta ni los mínimos principios de la ordenación del territorio ni la disponibilidad de los recursos hídricos que van a abastecer la demanda de estas ciudades, lo que puede conducir a unos impactos ambientales severos. Esto obliga a tener que hacer grandes obras de infraestructura para traer el recurso agua de sitios lejanos, haciendo que la propia seguridad de los sistemas sea cada vez más costosa y vulnerable.

La cuestión es la siguiente: si el punto de partida –la gestión del agua en las ciudades– es exclusivamente de carácter hidráulico, difícilmente estaremos en condiciones de acometer los grandes problemas de los asentamientos urbanos. Los nuevos discursos emanados de la Conferencia de Río, la aplicación de las Agendas 21 Locales exigen repensar los sistemas urbanos desde una perspectiva más compleja en la que los modelos económicos y territoriales, la disponibilidad de los recursos, las políticas sociales y la capacidad de carga de los recursos naturales sean tratados de una forma integral. En definitiva, es necesaria una reflexión sobre el concepto de crecimiento sin límites y la visión del desarrollo sostenible como nuevo paradigma a tener en cuenta para los asentamientos urbanos del futuro.

En el tercer eje, SISTEMAS DE INDICADORES URBANOS, se analizan los diferentes métodos actuales de seguimiento en la gestión del agua dulce en las ciudades. Un reto crítico es identificar o desarrollar sistemas de indicadores que nos

suministren la información adecuada para la toma de decisiones.

En la actualidad hay diferentes sistemas de medición que desde el punto de vista académico son impecables pero que no dan respuestas objetivas a las realidades de los asentamientos urbanos. El esfuerzo debe realizarse en la búsqueda de indicadores más realistas y sencillos que permitan a los gestores urbanos poder fijar las políticas y adecuarse a las realidades de sus entornos.

En este sentido, existe una nueva generación de indicadores que intentan acercarse a los principios de sostenibilidad planteando el principio emanado del Club de Roma de hacer más con menos recursos. El aumento de la riqueza (PIB) o el crecimiento de la población no deben incrementar el consumo de agua, experiencia que en la actualidad estamos desarrollando en Zaragoza.

El cuarto eje, PAISAJE Y CIUDAD, se refiere, en primer lugar, a la importancia del agua como recurso ambiental, estético y de ocio, considerando, entre otras cuestiones, el papel de los ríos, de los lagos o de la restauración de riberas. Por otra parte, se detiene en las amplias posibilidades de la utilización de la jardinería en entornos urbanos y en cómo la misma puede adaptarse a las características climáticas propias de la ciudad.

La utilización de plantas de bajo consumo de agua (xerojardinería) y las cubiertas verdes en edificios ayudan a crear microclimas y mejorar el aislamiento térmico de los edificios. Todo ello, junto a las nuevas tecnologías que permiten adecuar el riego a las necesidades vitales de cada planta permite conseguir importantes ahorros en jardines y zonas verdes públicas y privadas.

El quinto eje, EL PAPEL DE LA SOCIEDAD CIVIL en países desarrollados y en países pobres, hace hincapié en la importancia de lo que habitualmente se conoce como el tercer sector en dos aspectos. En primer lugar, en su capacidad

para actuar como vehículo de transmisión a los ciudadanos de los problemas actuales y sus posibles soluciones. En segundo, de su influencia para concienciar a los ciudadanos para que se animen a mejorar sus hábitos y sus prácticas.

Difícilmente se entiende la sociedad moderna actual sin el papel tan importante que están desarrollando las ONG's. No sólo representan la conciencia social del planeta, sino que exigen su participación y la de la sociedad civil conjuntamente con los gobiernos locales para una resolución de los problemas actuales.

El sexto eje, la INCERTIDUMBRE Y EL CAMBIO CLIMÁTICO analiza cómo los usos del agua deben adecuarse a los cambios esperados.

Existe una confusión habitual entre el cambio climático y la variabilidad del clima. El cambio climático está asociado al calentamiento global y es un cambio a largo plazo originado por factores naturales y, como se reconoce ahora, por las actividades humanas.

Deben analizarse las posibles respuestas de adecuación de las ciudades ante los escenarios de cambio climático, su incidencia sobre el recurso agua, protocolos de actuación en situación extrema, sequías, inundaciones. Aunque es difícil diseñar un modelo que permita conocer cómo va a evolucionar el cambio climático y qué repercusión puede tener sobre los recursos hídricos, sí que deben analizarse ciertas medidas, que pueden considerarse buenas prácticas que permitan prevenir los efectos adversos que, en este momento, cabe esperar.

En cualquier caso, las ciudades deberán adoptar el principio de precaución y anticipar una serie de programas de adaptación en previsión de las posibles consecuencias que puedan derivarse del cambio climático.

El séptimo eje temático se refiere al papel de las REDES DE CIUDADES y, en particular, a en

qué medida el intercambio de experiencias puede contribuir a mejorar las pautas de los gobiernos locales en el uso sostenible del agua. El objetivo es fomentar la participación de los ciudadanos y reconducir la investigación científica hacia aquellas áreas que sean de más utilidad; en definitiva, hacia donde puede servir a quienes toman decisiones sobre la gestión del agua o quienes se ven afectados de alguna manera por dichas decisiones. Y todo ello de tal manera que aquellas buenas prácticas que sean capaces de desarrollar algunas ciudades puedan ser adaptadas y trasladadas a otras.

En esta línea se encuentran la experiencia de SWITCH (proyecto liderado por UNESCO y financiado por la Unión Europea que agrupa a 4 continentes y se apoya en una treintena de Universidades), la experiencia de Zaragoza como ciudad ahorradora de agua (iniciativa que fue impulsada por la Fundación Ecología y Desarrollo y el Ayuntamiento de Zaragoza), o las experiencias de City Alliance entre otras.

A lo largo de la semana temática se han desarrollado todos estos ejes sobre la base de experiencias concretas en diferentes ciudades para mostrar cómo, en función de las necesidades, se han ido desarrollando diferentes procedimientos para encontrar soluciones.

Como consecuencia de lo anterior, necesariamente surge una reflexión: ¿Cómo serán las ciudades del mañana? ¿Seremos capaces de plantear un pensamiento acorde con las exigencias del siglo XXI sin cometer los errores del siglo XX? ¿Las nuevas tecnologías serán suficientes? o, más bien, es necesario replantearse modelos económicos, de vida y de consumo diferentes.

La semana temática finaliza con la discusión del documento "Istanbul Urban Water Consensus" en colaboración con el World Water Council como preparación del compromiso por el que se pretende que diferentes ciudades del mundo manifiesten su compromiso de realizar políticas de gestión

sostenible del agua en el ámbito urbano en sus ciudades en el V Foro Mundial del Agua en marzo del 2009 en Estambul.

La celebración de la semana temática tuvo lugar durante los días 25 a 28 de junio de 2008 y en ella participaron 43 ponentes y 2 panelistas. A partir de sus comunicaciones y consiguientes debates con el público experto y junto con los documentos que redactaron el relator y los moderadores de las mesas hemos elaborado las siguientes conclusiones y propuestas.

## CONCLUSIONES Y PROPUESTAS

Las ciudades y/o asentamientos humanos se comportan como un organismo vivo, con necesidades anabólicas (agua, energía y alimentos) y con consecuencias catabólicas (residuos sólidos, aguas residuales, etc.).

Las ciudades, por tanto, desarrollan un metabolismo urbano, en el que las actividades humanas se sitúan en el centro de los flujos de energía y materias primas, no como componentes estáticos sino como el punto en el que se producen alteraciones rápidas y radicales, conformando un sistema inestable pero con capacidad de reacción en el que el agua y el aire desempeñan un papel imprescindible.

Por principio, todo sistema funcional es dinámico porque opera en un entorno cambiante. Al existir flujos constantes de relaciones entre un sistema y su entorno, el sistema identifica los cambios externos e inicia procesos de adaptación a ellos. Evidentemente, las ciudades no escapan a esta dinámica aunque presentan ciertas peculiaridades: así como el cuerpo humano puede vivir sin respirar unos minutos, tres días sin beber agua o varias semanas sin ingerir alimentos, los sistemas urbanos tienen escasa capacidad de reacción ante

un aire de mala calidad o ante la falta de agua. De este modo, el suministro de agua se configura como elemento esencial en la vida de las ciudades.

La Agenda 21 Local introduce el análisis sistémico para afrontar los problemas actuales y venideros, planteando la eficiencia global de los ecosistemas urbanos y de sus relaciones con los entornos próximos o lejanos. La sostenibilidad no permite tratar independientemente los objetivos de desarrollo económico, cohesión social y calidad ambiental.

El modelo urbano elegido tiene una gran influencia sobre la gestión del agua: las ciudades dispersas y difusas requieren de sistemas de redes complejas que son más vulnerables y difíciles de controlar que las correspondientes a ciudades compactas.

No obstante, el principal problema es el enorme atractivo que siguen teniendo las ciudades, lo que genera un aumento constante de la población. Las ciudades siguen siendo puntos de dinamismo económico, de intercambio cultural y de relaciones humanas; en definitiva, siguen siendo polos de atracción de importantes flujos migratorios.

Además, todas las tendencias actuales a nivel mundial prevén que en los próximos años este proceso se intensificará con una mayor incidencia en las zonas costeras. Lo constata el fuerte desarrollo que se está produciendo en las ciudades asiáticas o, en territorios más próximos, en torno al Mediterráneo.

Este proceso, en general, no tiene en cuenta ni los mínimos principios de ordenación del territorio ni la disponibilidad de los recursos hídricos que van a abastecer la demanda de estas ciudades, lo que puede conducir a impactos ambientales severos así como a fuertes tensiones sociales.

Estos planteamientos conducen al desarrollo de grandes obras para traer el agua desde sitios lejanos, haciendo que la seguridad de los sistemas

sea cada vez más costosa y vulnerable. En este sentido, el criterio de proximidad con el recurso agua aporta más garantías para el funcionamiento de los sistemas urbanos.

La cuestión es la siguiente: si las decisiones relativas a la gestión del agua en las ciudades se toman desde un punto de vista exclusivamente de ingeniería hidráulica, difícilmente estaremos en condiciones de garantizar un modelo sostenible y persistente del agua en los asentamientos urbanos.

El medio rural suministra alimentos que utilizan grandes cantidades de agua en las actividades agrícola y ganadera, imprescindibles para el metabolismo urbano. Ello, junto a la paulatina reducción de caudales que se aprecia en determinadas cuencas hidrográficas y la incertidumbre que plantea el cambio climático, nos lleva a repensar los modelos de crecimiento y consumo de nuestras ciudades, en las que la gestión de la demanda pasa a un segundo plano y se impone la gestión de los límites del recurso agua, lo que obliga a aplicar con mayor fuerza el principio de precaución en la toma de decisiones sobre la planificación, tanto de las ciudades y sus entornos como del medio rural. Hay que replantearse los modelos de consumo y determinados hábitos alimentarios.

Además de todo lo anterior, hay que adecuar el recurso del agua disponible al desarrollo territorial y a la realidad socioeconómica existente en cada región.

La nueva planificación urbana no debe ser una mera continuación de la actual, sino que debe dar un cambio sustancial, tanto de concepto como de forma de actuar, para que las ciudades avancen hacia su mejora y no hacia su insostenibilidad.

A lo largo de la historia, y en los más diversos territorios de asentamiento, el hombre siempre ha sabido resolver sus problemas de necesidad de agua. Sin embargo en la actualidad, a pesar de los avances tecnológicos, parece más difícil resol-

ver los problemas hídricos pendientes, sobre todo en las grandes y medianas ciudades del mundo en vías de desarrollo. Además, las ciudades en el mundo desarrollado evolucionan a menor velocidad que los avances científico y tecnológico para mejorar sus índices de aprovechamiento eficiente de las aguas en el entorno urbano. A la vista de ello, se concluye que:

- ▶ Un modelo de gestión sostenible del agua en las ciudades plantea necesariamente una nueva forma de gobernar en la que la información seria, rigurosa, completa y adecuada a los ciudadanos sobre la gestión del agua sea una de las líneas fundamentales en las políticas de gobierno.

- ▶ La información debe ser el elemento sustancial para fomentar procesos de participación en los que no solamente estén implicados los grupos o colectivos sociales más afectados, sino que se creen cauces apropiados para que los ciudadanos puedan ser actores del cambio. En este sentido la utilización de nuevas tecnologías de la información, como las páginas web, son buenas herramientas para favorecer estos procesos.

- ▶ Las ONG's pueden y deben desarrollar un papel importante, no solamente como vertebradoras de la sociedad civil, sino también como impulsores de políticas y acciones más relacionadas con los principios de la sostenibilidad.

- ▶ Las autoridades locales deben buscar fórmulas consensuadas en los procesos de participación que permitan definir unos objetivos a corto, medio y largo plazo de reducción de los consumos de agua, tanto a nivel global como per cápita.

- ▶ Como consecuencia de los procesos anteriores, igualmente es necesario que las ciudades dispongan de un sistema de indicadores que permitan evaluar los avances o no de los objetivos previamente establecidos. Entre las características principales de estos indicadores, hay que destacar que sean adecuados y útiles a la realidad territorial y socioeconómica de las ciudades, persistentes en el tiempo, que suministren una información precisa y sencilla que nos pueda permitir conocer la evolución y valorar de una forma permanente el cumplimiento o no de los objetivos previstos y accesibles para el conjunto de la población.

En este sentido, los sistemas actuales de indicadores internacionales pueden servir para tener una realidad global de la evolución de la gestión del agua y permitir la comparación con otras ciudades.

- ▶ Para mejorar la gestión del agua se requiere realizar la planificación del territorio, ordenación urbana y de los usos del suelo urbano y rural. Esto incluye, entre otros aspectos cruciales, la determinación de los procedimientos para el cambio de uso del suelo, de los límites que deberá observar la mancha urbana y de las condiciones ideales que deberá cumplir la zona inmediatamente colindante con la zona urbana, entre otros aspectos.

- ▶ El agua debe ser tratada como un patrimonio de todos los habitantes residentes en el territorio y, como tal, debe ser gestionada con previsión de futuro, fomentando un uso responsable y sostenible.

- ▶ Si consideramos que el acceso al agua debe ser un derecho universal del ser humano, tanto individual como colectivo, su propiedad debe ser pública. Cuestión diferente es el modelo de gestión: no es tan importante que sea público o privado, como que sea transparente y ético, adecuado a la realidad socioeconómica del lugar y sustentado sobre los principios de transparencia, equidad y solidaridad.

- ▶ Los aspectos anteriores tienen repercusión directa en las necesidades y en los costes por la prestación de los servicios de abastecimiento de agua y saneamiento.

El sistema tarifario ha de adaptarse para que se recuperen todos los costos, incluidos los ambientales, en los países desarrollados. Para ello deben existir medidores de consumo que permitirán la aplicación de una política tarifaria que penalice el consumo excesivo, promoviendo un uso eficiente y sostenible del agua.

El sistema tarifario en los países en vías de desarrollo deberá adecuarse a la realidad social, fomentando en cualquier caso el acceso general al agua y la apreciación de la misma, promoviendo la necesidad de mantener el equilibrio con el entorno.

La tarifa del agua debe asegurar que todos puedan cubrir sus necesidades básicas; no hay que olvidar que el acceso al agua y al saneamiento de los sectores más necesitados está incluido dentro de los Objetivos de Desarrollo del Milenio. Para su cumplimiento, sería imprescindible incentivar las políticas de cooperación de los países desarrollados con los que están en vías de desarrollo.

► Las infraestructuras para la gestión y distribución del agua han de diseñarse y construirse con criterios de calidad que permitan una larga duración y dimensionarlas con criterios económicos y financieros sensatos y sostenibles.

► En este sentido, y a lo largo de la historia, las diferentes soluciones hidráulicas que los pueblos del mundo han desarrollado para poder satisfacer sus necesidades de agua constituyen un gran patrimonio que es obligado preservar.

► Los Organismos que desarrollan proyectos en países en vías de desarrollo para mejorar el acceso al agua y las condiciones sanitarias deben establecer, también, sistemas de gestión con criterios de solidaridad, fomentando actuaciones que sean sostenibles económicamente para los usuarios adaptándose a la realidad social del territorio donde se desarrollen los proyectos, que deben ser honestos, viables y sostenibles bajo un punto de vista ecológico y económico. Una estrategia para asegurar la fortaleza y la aplicación a largo plazo de las herramientas de gestión hídrica es adaptarse a las costumbres tradicionales y locales.

► En el modelo de gestión sostenible del agua deben considerarse las predicciones en los modelos de temperatura y precipitaciones ocasionados por el cambio climático, que afectarán tanto a la disponibilidad como a la calidad del agua.

► La devolución al medio físico de las aguas usadas debe efectuarse en las mejores condiciones posibles y adecuadas a las características del medio receptor, de tal forma que el recurso agua

continúe cumpliendo su función en los ecosistemas acuáticos asociados al ciclo del agua.

► Por otra parte, ha de tenerse en cuenta la íntima relación del agua con las ciudades y el medio natural: es imprescindible mantener el paisaje.

► La creación de redes de ciudades permite y garantiza el intercambio de buenas prácticas, experiencias exitosas, así como la transferencia del conocimiento, pudiendo constituirse en elementos esenciales de cooperación y solidaridad.

Los nuevos discursos emanados de la Conferencia de Río y la aplicación de las Agendas 21 Locales exigen redefinir los sistemas urbanos desde una perspectiva más compleja en la que los modelos económicos y territoriales, la disponibilidad de los recursos, las políticas sociales y la capacidad de carga de los recursos naturales sean tratados de una forma integral.

En definitiva, es necesaria una reflexión sobre el concepto de crecimiento sin límites y la visión del desarrollo sostenible como nuevo paradigma a tener en cuenta para los asentamientos urbanos del futuro.

Aquellas ciudades que sepan adaptarse al recurso agua estarán mejor preparadas para afrontar los nuevos desafíos, serán competitivas económicamente, socialmente fuertes, ambientalmente respetuosas y saludables. Serán las ciudades del mañana.

La concienciación del problema de la gestión integral del agua como un bien común que se debe preservar para las futuras generaciones, junto con la capacidad de innovación tecnológica que el hombre desarrolla para afrontar los problemas permiten concebir esperanzas de que se encontrarán alternativas para resolver los problemas con los que nos enfrentamos.

**AUTORES Y COLABORADORES****Anton, Barbara**

International Training Centre, ICLEI – Local Governments for Sustainability.

**Asunción Higuera, Mar**

WWF/Adena, Bióloga, Responsable Programa de Cambio Climático.

**Awuah, Esi**

Department of Civil Engineering KNUST and SWITCH Accra Learning Alliance

**Barberán Ortí, Ramón**

Catedrático de Economía Aplicada. Universidad de Zaragoza.

**Belamari, Fatiha**

Chef de Service “Planification et Programmation” Office National de l’Eau Potable. Rabat – Marruecos.

**Berrini, Maria**

Directora de Ambiente Italia Research Institute. Milano.

**Bono, Lorenzo**

Ambiente Italia Research Institute. Milano.

**Bruttomesso, Rinio**

Centro Internazionale Città d’Acqua, S.Polo 2605, Venezia, Italia.

**Bueno Bernal, Víctor (adjunto coordinador)**

Agencia de Medio Ambiente y Sostenibilidad del Ayuntamiento de Zaragoza.

**Butler, David**

Director, Centre for Water Systems, School of Engineering, Computing and Mathematics, University of Exeter.

**Butterworth, J.A.**

IRC International Water and Sanitation Centre, Delft, the Netherlands.

**Cabrera, Enrique**

Catedrático de Mecánica de Fluidos. Instituto Tecnológico del Agua. Universidad Politécnica. Valencia.

**Celma Celma, Francisco Javier**

Director de la Agencia de Medio Ambiente y Sostenibilidad del Ayuntamiento de Zaragoza.

**Costa, Heloisa**

Universidade Federal de Minas Gerais, Instituto de Geo-Ciências, Departamento de Geografia. Belo Horizonte.

**Costa, Geraldo**

Universidade Federal de Minas Gerais, Instituto de Geo-Ciências, Departamento de Geografia. Belo Horizonte.

**Darteh, Bertha**

Department of Civil Engineering KNUST and SWITCH Accra Learning Alliance.

**Dias, Janise**

Universidade Federal de Minas Gerais, Instituto de Geo-Ciências, Departamento de Geografia. Belo Horizonte.

**Dziegielewska-Geitz, M.**

European Regional Centre for Ecohydrology under the auspices of UNESCO, Polish Academy of Sciences, and Integrated Restoration Institute, Poland.

**Egea, Pilar (adjunta al coordinador)**

Profesora Titular de Economía Aplicada. Universidad de Zaragoza.

**Fraguas Herrero, Alberto**

Director Ejecutivo de Green Cross España.

**Garrote de Marcos, Luis**

Universidad Politécnica de Madrid, ETS Ingenieros de Caminos.

**Hernández Moreno, Enrique**

Gestión Integral del Agua de Aqualia.

**Ibáñez Carranza, Juan Carlos**

Canal de Isabel II. Madrid.

**Kleiner, Yehuda**

National Research Council Canada.

**Knauer, Sônia**

Prefeitura de Belo Horizonte, Secretaria Municipal de Meio Ambiente. Belo Horizonte.

**Lama Pedrosa, Beatriz**

Universidad Politécnica de Madrid, EU Ingeniería Técnica de Obras Públicas.

**Lasa García, Vladimir**

Delegado de Recursos Hidráulicos de La Habana – Cuba.

**Manning, N.**

International Water Management Institute, Addis Ababa, Ethiopia.

**Marchena, Manuel Jesús**

Consejero Delegado de Empresa Metropolitana de Abastecimientos y Saneamiento de Aguas de Sevilla, SA (EMASESA).

**Martín Carrasco, Francisco**

Universidad Politécnica de Madrid, ETS Ingenieros de Caminos.

**Minta, Aboagye**

Director, Water Directorate, Ministry of Water Resources Works and Housing, Ghana

**Nascimento, Nilo**

Universidade Federal de Minas Gerais, Departamento de Engenharia Hidráulica e Recursos Hídricos, Belo Horizonte.

**Pozo, Cristina del**

Presidenta Fundación Paisaje.

**Quiñones Jalisto, Lucio**

Centro de Educación y Comunicación “Guaman Poma de Ayala”. Coordinador del proyecto Gestión Integrada de los Recursos Hídricos.

**Rajani, Balvant**

National Research Council Canada.

**Rodríguez Briceño, Emiliano**

Director General del Sistema de Agua Potable y Alcantarillado de León, México.

**Romero Tierno, César**

Subdirector General de la Fundación San Valero, Zaragoza.

**Saldaña Rodríguez, Juan Francisco**

Asociación Vigilantes del Agua. República Dominicana.

**Sancho Díaz, Javier**

Director general de CONTAZARA. Zaragoza.

**Silva C., da**

IRC International Water and Sanitation Centre, Delft, the Netherlands.

**Sutherland, A.**

Natural Resources Institute, Chatham, University of Greenwich, UK.

**Vairavamoorthy, Kalanithy**

Professor. University of Birmingham, UK; UNESCO-IHE, Netherlands.

**Valle, Javier del (relator)**

Departamento de Geografía y Ordenación del Territorio. Universidad de Zaragoza

**Vela Pardos, Noelia**

BSH Electrodomésticos España, S.A. Avda de la Industria 49, 50016 Zaragoza.

**Verhagen, J.**

IRC International Water and Sanitation Centre, Delft, the Netherlands.

**Wagner, I.**

Department of Applied Ecology, University of Poland and European Regional Centre for Ecohydrology under the auspices of UNESCO, Polish Academy of Sciences.

**Werthmann, Christian**

Harvard University, Massachusetts Graduate School of Design.

**Wolff, Gary**

Vice Chairman, California State Water Resources Control Board, and Research Affiliate, Pacific Institute for Studies in Development, Environment and Security, Oakland California.

# AGUA Y CIUDAD EN EL SIGLO XXI. UNA VISIÓN PANORÁMICA

Enrique Cabrera

## Conferencia magistral

### RESUMEN:

La explosión demográfica que ha visto la humanidad en las últimas décadas, el imponente aumento del nivel de vida de los ciudadanos y la acusada tendencia de la población a concentrarse en núcleos urbanos está planteando a los responsables de la política del agua unos retos formidables. En un marco completamente diferente al de hace unas décadas se enfrentan a problemas inexistentes hasta hace muy poco. Las soluciones que convienen al futuro demandan importantes inversiones, no acostumbran a ser únicas, y, las más de las veces, deben conciliar intereses contrapuestos.

Tras un breve recorrido histórico que evidencia la rapidez de los cambios habidos, en lo que sigue se analizan los problemas mayores, las principales actuaciones que su solución demanda y algunas de las dificultades que su implantación conlleva. Se concluye delineando unas líneas maestras que, con independencia del caso (dentro del contexto agua y ciudad, la casuística que en el mundo se puede encontrar es, prácticamente, infinita) siempre convendrá seguir.

### PALABRAS CLAVE:

Agua, ciudad, sostenibilidad.

# LA GESTIÓN DEL AGUA EN MARRUECOS EN UN ENTORNO COMPLEJO E INCIERTO

Fatiha Belamari

## RESUMEN:

El suministro de agua potable de las ciudades marroquíes se ha ido transformando de una manera progresiva siguiendo un proceso dinámico, pasando de una gestión de crisis a una visión a largo plazo. En efecto, la situación geográfica de Marruecos y la alta tasa de urbanización a llevado a que los poderes públicos deban definir estrategias para mejorar los niveles de servicio y su generalización. Las acciones realizadas han tenido principalmente que ver con el uso de las aguas en superficie, la creación de la ONEP, como órgano de planificación a largo plazo, la instauración de una tarificación por niveles de consumo, la aplicación de la sobretasa de la solidaridad nacional y la aplicación de una economía del agua.

Sin embargo, el cambio radical se ha producido al inicio de este siglo adoptando un enfoque de la gestión integrada y sostenible de la problemática

de los recursos de agua con el objetivo de asegurar las captaciones, hacer más seguras y reforzar las infraestructuras de agua potable, incluidos los barrios periféricos de las ciudades que han sufrido altos niveles de migración.

Sin embargo, junto con la efectividad de las políticas nacionales que se basan en una planificación estratégica dinámica, una buena gobernanza y la creación de un sistema de información fiable, la complejidad del sistema actual nos obliga a desarrollar otras formas de alianzas locales, nacionales e internacionales con el fin de preservar el ambiente y la sostenibilidad de los recursos naturales.

## PALABRAS CLAVE:

Sobretasa de solidaridad nacional, buen gobernanza, Oficina de Agua Potable de Marruecos (ONEP).

# LA EXPERIENCIA EN LA HABANA

Vladimir Lasa García

## RESUMEN:

La Habana cuenta con una población de 2,2 millones de habitantes, de los cuales el 98,9 % se abastece de las redes de acueducto. Existe una estructura organizativa subordinada a la Delegación Provincial de Recursos Hidráulicos, que presta los servicios del ciclo integral del agua, dando cumplimiento a las bases jurídicas relacionadas con el aprovechamiento de los recursos hídricos, la optimización de la explotación de la infraestructura y la protección del Medio Ambiente.

El principal problema de los sistemas de abasto es el elevado deterioro y su obsolescencia por los años de explotación, que ocasionan pérdidas estimadas en un 58 %. Esto trae como consecuencia la reducción de los horarios de servicio y las pre-

siones de trabajo de la red de distribución, el deterioro de las vías públicas y el encarecimiento de los gastos de producción de agua debido al consumo extra de energía eléctrica y al tratamiento químico.

El Estado Cubano para mitigar los efectos que provoca esta situación ha dado prioridad al financiamiento de programas para la rehabilitación de redes y conductoras, la modernización de los sistemas de calidad del agua, el equipamiento y la rehabilitación de Fuentes de Abastecimiento y la garantía energética para éstas.

## PALABRAS CLAVE:

Rehabilitación, modernización.

# LA EXPERIENCIA EN SEVILLA EN LA GESTIÓN URBANA DEL AGUA

Manuel Jesús Marchena

## RESUMEN:

La Empresa Metropolitana de Aguas de Sevilla (EMASESA) lleva 34 años gestionando el agua en la ciudad de Sevilla. Esta dilatada experiencia hasta llegar a tener un completo sistema para la gestión del ciclo integral en once municipios, con una población aproximada de un millón de habitantes, viene condicionada por la geografía (y en especial por el río Guadalquivir) así como por la climatología de la zona.

Sevilla es una ciudad en constante crecimiento, donde el aumento de la población se ha visto compensado con una drástica reducción del agua que el sistema utiliza. Esta reducción es consecuencia de la disminución del consumo por habitante (alcanzando los 129 litros/habitante/día para uso doméstico) así como en la reducción de las pérdidas totales del sistema. Estos logros son consecuencia directa del trabajo realizado en la Gestión de la demanda, en las eliminaciones de las pérdidas de la red mediante el desarrollo del sistema de detección de fugas, así como de una continua inversión en renovación de instalaciones.

Con una inversión media de más de 40 millones de euros anuales, equivalente al 45% de la facturación anual de la compañía, se logra minimizar el efecto de una climatología que nos aporta unas sequías recurrentes de dos a cuatro años de duración cada 4 años aproximadamente. A pesar de dicha climatología, Sevilla tiene en la actualidad un servicio de calidad y una garantía de abastecimiento para tres años aproximadamente.

Las actuaciones en la consecución de la eficiencia hidráulica (centralización de datos, seguimiento de los valores de ANR, sectorización y diagnóstico de la red, renovación de redes y mo-

dernización de los contadores) nos permiten cumplir en la actualidad los objetivos que teníamos para el año 2011: pérdidas totales del sistema por debajo del 15,5% (14,8% en la actualidad).

La consecución de dichos objetivos, así como la garantía y calidad de servicio prestados, ha venido acompañada de la puesta en marcha de otras actuaciones relevantes para el funcionamiento del Sistema EMASESA: estructura tarifaria progresiva, plan de fomento de contadores individuales en comunidades (Plan 5), Plan de ayuda para la corrección de vertidos industriales contaminantes, convenios sectoriales, instalación de dispositivos ahorradores en instalaciones públicas, instalación de redes alternativas de agua no potable para el riego y las correspondientes normas y restricciones que lo regulan.

La apuesta por la Innovación ha sido una de las herramientas que nos han servido para la puesta al día tecnológica de la empresa, mejora de la eficiencia y dotar de sistemas de información con el fin de tener un cuadro de mandos que permite una toma de decisiones ágil y eficaz. Estos proyectos tienen por objeto los sistemas de comunicación (red de fibra óptica, red digital de radiotelecomunicaciones, etc), sistemas de gestión (oxidación supercrítica de lodos de depuradora, gestión de incidencias en movilidad, programa de gestión de la compañía AQUA), y la eficiencia (auditorías energéticas, plantas solares fotovoltaicas, sustitución de difusores).

## PALABRAS CLAVE:

Gestión del ciclo integral, EMASESA, eficiencia hidráulica.

# ENFOQUES DE GESTIÓN DE RECURSOS HÍDRICOS EN LA REPÚBLICA DOMINICANA

Juan Francisco Saldana R.

## RESUMEN:

La gestión del agua en la República Dominicana, ha variado de un enfoque a otro, constituyéndose en cada transición en un elemento de gestión muy interesante desde el punto de vista de la gestión del agua y de cara a su situación puntual; en el presente el cambio de gestión que se requiere se está convirtiendo en un reto sin precedente en donde el nivel de integración de los diferentes actores demanda no solo de políticas gubernamentales sino de participación y reestructuración del sector. Las características de estos enfoques y las perspectivas futuras son detalladas en esta ponencia.

## PALABRAS CLAVE:

Gestión del Agua en República Dominicana.

# DESARROLLO SOSTENIBLE DEL SUMINISTRO DE AGUA Y SANEAMIENTO EN LAS CIUDADES. ACCRA COMO EJEMPLO DE ALIANZA DE APRENDIZAJE EN EL MARCO DEL PROYECTO SWITCH

Esi Awuah, Aboagye Minta y Bertha Darteh

## RESUMEN:

En la región de África Occidental, Ghana es una de las economías con más rápido crecimiento. Accra es la capital administrativa, política y comercial de Ghana con una población que supera los 3 millones de habitantes. Es la metrópoli más grande y que más velozmente crece de Ghana, con una tasa de crecimiento anual del 4,3% (Censo Nacional de Población, 2000). Accra, al igual que muchas partes del mundo, afronta retos en la gestión del agua. Gran parte de la población no está conectada a la red de suministro de agua regular, menos del 5% de los hogares están conectados a la red de saneamiento urbano y muchas zonas de Accra sufren inundaciones frecuentes. Además, el agua es un recurso cada vez más escaso y el marco institucional está fragmentado y mal equipado para abordar la creciente complejidad que supone gestionar el agua en Accra (SWITCH Accra City

Story, 2008). El lanzamiento del Marco Nacional de Política Hídrica en 2008, coordinado por la Dirección General de Aguas, proporciona liderazgo y orientación para lograr planes, políticas y programas de agua y saneamiento sostenibles. El marco político respalda también el establecimiento de iniciativas de alianzas de aprendizaje, tales como la Alianza de Aprendizaje SWITCH patrocinada por la UE y colaboraciones con otros agentes. Se ha constatado un incremento en la captación de partes interesadas y revisiones sectoriales conjuntas.

## PALABRAS CLAVE:

Alianza de aprendizaje, captación de partes interesadas, sostenibilidad.

# GESTIÓN INTEGRADA DE AGUAS URBANAS EN BELO HORIZONTE, BRASIL

Nilo Nascimento, Heloisa Costa, Geraldo Costa, Janise Dias y Sônia Knauer

## RESUMEN:

La Gestión Integrada de Aguas Urbanas (GIAU) presenta una gran variedad de retos para su implantación efectiva. En un primer nivel, conlleva el fomento de la integración de diferentes ámbitos, como por ejemplo el suministro de agua, el saneamiento, la gestión de aguas pluviales y la protección de aguas receptoras en entornos urbanos. Debido a la estrecha relación entre uso del agua y uso de la tierra, la promoción de la GIAU requiere además el desarrollo de políticas integradas coherentes con la gestión del territorio. Éste es el caso de las políticas de urbanismo con gran influencia sobre la utilización del suelo, tales como la vivienda, el sistema de carreteras y el transporte. Asimismo, las políticas locales suelen tener su reflejo en la gestión de aguas en otras escalas territoriales, más allá de las fronteras municipales, generalmente las escalas metropolitanas y de cuencas hidrográficas. En consecuencia, hacen falta esfuerzos políticos y de gestión significativos por parte de numerosas instituciones y grupos de interés para aplicar una gestión de aguas urbanas sostenible e integrada dentro de este complejo panorama político e institucional. Esta conferencia se centra en la evaluación de la experiencia de la ciudad de Belo Horizonte en la formulación de políticas de

GIAU y el desarrollo institucional, y presta especial atención a la reciente ejecución de su Política de Saneamiento Medioambiental Municipal. En 2001, la localidad de Belo Horizonte empezó a aplicar la Política de Saneamiento Medioambiental Municipal, con el fin de facilitar acceso universal a infraestructuras y servicios urbanos a escala municipal, promoviendo la toma de decisiones participativa y el control social sobre la formulación y la implantación de políticas hídricas, recuperando áreas medioambientalmente degradadas, sobre todo masas de agua urbanas, y mejorando los instrumentos de gestión, por ejemplo la planificación y la financiación de actuaciones de saneamiento medioambiental. Belo Horizonte es una ciudad planificada construida en 1898 para convertirse en la capital del estado de Minas Gerais, en Brasil. Tiene 2.227.400 habitantes y una densidad de población de 6.900 habitantes/km<sup>2</sup>.

## PALABRAS CLAVE:

Gestión integrada de aguas urbanas, procesos participativos, políticas urbanas, planificación de la gestión hídrica.

# MÁS ALLÁ DE LA PRIVATIZACIÓN: LECCIONES DE LA REGIÓN DEL ALTO MIDWEST EN ESTADOS UNIDOS Y DE LA PROVINCIA DE ONTARIO EN CANADÁ

Gary Wolff

## RESUMEN:

Los gestores de aguas se enfrentan a retos significativos para satisfacer las necesidades de suministro de agua, captación y tratamiento de aguas residuales y gestión de aguas pluviales de las comunidades a las que sirven. Se han propuesto numerosas soluciones, incluyendo la implicación del sector privado, conocidas generalmente como privatizaciones o partenariados público-privados.

El debate sobre la privatización ha eclipsado la discusión acerca de los factores determinantes del rendimiento. Las investigaciones sobre sistemas hídricos en los estados del alto Midwest estadounidense de Illinois, Indiana, Iowa, Michigan, Minnesota, Ohio y Wisconsin, y la provincia canadiense de Ontario, demuestra que “público frente a privado” no es la línea precisa que separa el éxito del fracaso. En realidad, el rendimiento depende de la contratación de personal eficaz, de apoyo público constante para tener suficiente fi-

nanciación, mejores sistemas de gestión de activos, medidas de rendimiento y recompensas, más implicación de partes interesadas y más transparencia. Estas lecciones se pueden extrapolar a otras regiones de Estados Unidos y otros países.

Esta conferencia resume las investigaciones y los ejemplos que ayudarán a los tomadores de decisiones municipales en entornos urbanos y rurales para valorar los problemas, identificar posibles soluciones y escoger entre distintas soluciones. Aporta información práctica sobre cómo mejorar la eficacia de los sistemas de gobernanza de aguas potables, aguas residuales y aguas pluviales, ya sean públicos o privados.

## PALABRAS CLAVE:

Privatización, partenariados público-privados, reestructuración de empresas públicas de aguas.

# LA EXPERIENCIA DE ZARAGOZA EN EL DISEÑO DE INSTRUMENTOS FINANCIEROS DE GESTIÓN DEL AGUA PARA USOS DOMÉSTICOS

Ramón Barberán Ortí

## RESUMEN:

Cuatro son las funciones principales que deberían desempeñar las tarifas que gravan el uso de los servicios públicos de abastecimiento y saneamiento de agua en las ciudades: la financiación suficiente del servicio, el reparto equitativo de los costes entre sus usuarios, la asignación eficiente del agua entre sus distintos usos y la minimización de los impactos ambientales negativos. Funciones que deberían desarrollarse sin imponer unos costes excesivos a la entidad responsable del servicio para su aplicación ni a los usuarios para su cumplimiento. El adecuado desempeño de estas funciones puede sintetizarse en forma de los principios normativos siguientes: suficiencia, equidad, eficiencia, sostenibilidad y sencillez. En esta ponencia se presenta la tarifa recientemente introducida en la ciudad de Zaragoza (España), mediante la que se ha pretendido compatibilizar estos cinco

principios, con especial atención a la equidad, habitualmente desatendida en los diseños tradicionales. En concreto, se pretende resolver el problema ocasionado por las tarifas por bloques crecientes que gravan el consumo agregado del hogar (problema consistente en que la satisfacción de las necesidades de agua de los individuos resulta más gravosa cuanto mayor es el tamaño del hogar al que pertenecen), sin que ello sea a costa de renunciar a los incentivos al uso eficiente y no despilfarrador del agua. Este nuevo diseño de la tarifa es, en sus aspectos básicos, aplicable a cualquier otra ciudad y, por lo tanto, tiene interés general.

## PALABRAS CLAVE:

Diseño de tarifas del agua, precios del agua, agua para usos domésticos, equidad, eficiencia, sostenibilidad.

# LOS PROBLEMAS ECONÓMICOS DE LA GESTIÓN DEL AGUA EN LOS PAÍSES POBRES

Alberto Fraguas Herrero

## RESUMEN:

La crisis del agua es, en los países pobres, un indicador más de las desigualdades sociales y políticas. Los problemas derivados de la deficiente gestión hídrica: ambientales, sanitarios, económicos etc. implican en muchos casos a un alto porcentaje de la población en sus sectores más necesitados. La falta de infraestructuras de captación y sobre todo de distribución del agua, contribuyen a empeorar la situación pues encarecen el acceso agudizando el problema en los sectores más pobres, que en ocasiones deben pagar más de 20 veces el precio del agua que otras familias más pudientes. El cumplimiento de los Objetivos de Desarrollo del Milenio es una oportunidad para mejorar a medio plazo y resolver a largo plazo esta

situación, minimizando así incluso balances económicos globales negativos paralelamente, que ayudan a resolver una situación de injusticia que conlleva a su vez problemas sociales, de seguridad, sanitarios y ecológicos. Una mayor acción pública internacional con respecto a la actual, así como una regulación estricta de la iniciativa privada, podrían ser herramientas importantes para la solución que pasaría siempre y de principio por considerar el acceso al agua y al saneamiento de la misma como un Derecho Universal del ser humano.

## PALABRAS CLAVE:

Crisis del agua y pobreza, objetivos de desarrollo del milenio, financiación pública y privada.

# EQUIPOS DE MEDIDA INTELIGENTES PARA LA GESTIÓN DE LA DEMANDA DE AGUA

Javier Sancho Díaz

## RESUMEN:

En el arranque de este siglo XXI ha entrado en vigor una Directiva Europea que establece un marco comunitario para proteger el medio hídrico, considerándolo un patrimonio más que un puro recurso, y para actuar en consecuencia mejorando el estado de las aguas y asegurando un desarrollo sostenible. Por ello el enfoque de la clásica balanza entre oferta y demanda, más propio del siglo pasado, es necesario reconvertirlo a otro de gestión y uso, buscando además una permeabilidad entre ambos conceptos, en la que el papel que juega la gestión de la demanda, parece más oportuno orientarlo hacia la gestión y uso eficientes del agua. Para ese nuevo enfoque, los equipos de medida inteligentes son una herramienta muy potente, que van mucho más allá del antiguo concepto de contadores mecánicos de agua, incor-

porando tecnología electrónica y prestaciones de información y comunicación. La idea es no sólo contabilizar el agua utilizada, sino saber además cómo se ha consumido. A título de ejemplo, los equipos pueden suministrar información de tiempos de uso o caudales utilizados, de forma que se puedan localizar fugas, malas prácticas, consumos anómalos o hábitos derrochadores, disponiendo en definitiva de información para poder actuar en consecuencia, con la consiguiente optimización de la gestión y los consumos de agua.

## PALABRAS CLAVE:

Equipos de medida de agua, gestión de la demanda, gestión y uso eficientes del agua.

# SISTEMAS DE INDICADORES DE AGUAS URBANAS

Maria Berrini y Lorenzo Bono

## RESUMEN:

El informe UEE (Urban Ecosystem Europe) aporta una evaluación integrada del medio urbano en las ciudades europeas principales y más grandes y se centra en sus respuestas, capacidades y necesidades locales. El grupo de indicadores (25) ha sido seleccionado teniendo en cuenta el principal ámbito de la encuesta (evaluación comparativa de ciudades de la UE), por lo que la disponibilidad de datos es un criterio relevante. Se han tenido lo más en cuenta posible los sistemas de indicadores locales europeos “comunes” e “integrados” más válidos y recientes, así como proyectos de investigación relacionados. El marco político considerado viene representado por los Compromisos de Aalborg, la Estrategia Temática de la UE para el Medio Ambiente Urbano y la Carta de Leipzig. El grupo de 25 indicadores UEE incluye 2 indica-

dores relativos al agua: “Consumo doméstico de agua” y “Habitantes servidos por depuradoras de aguas”. El informe proporciona datos interesantes sobre el rendimiento de 32 ciudades de la UE en este campo. La experiencia concreta de recopilar los datos directamente en cooperación con las ciudades abrió el camino para mejorar los indicadores y hacer más investigación y divulgación acerca de las buenas prácticas locales que explican los mejores resultados.

## PALABRAS CLAVE:

Indicadores urbanos, indicadores de agua, ciudades europeas, evaluación comparativa (benchmarking).

# RESPUESTAS DE ADECUACIÓN ANTE LOS ESCENARIOS DE CAMBIO CLIMÁTICO

Luis Garrote de Marcos, Francisco Martín Carrasco  
y Beatriz Lama Pedrosa

## RESUMEN:

La perspectiva del cambio climático abre numerosos interrogantes sobre las políticas de adaptación que resultarán más apropiadas a medio y largo plazo en el sector de la gestión de recursos hídricos. A pesar de que existe un amplio consenso en el mundo científico sobre la posible evolución de las temperaturas y precipitaciones a escala regional, resulta todavía muy difícil cuantificar el impacto que éstas tendrán sobre la disponibilidad de recursos hídricos a escala local. Los últimos estudios realizados en España concluyen que el cambio climático supondrá una presión adicional a las muchas que ya se ejercen sobre los sistemas

de explotación de recursos hídricos. En esta ponencia se pasa revista a un abanico de medidas de adaptación que se consideran apropiadas para reaccionar a la nueva situación creada por el cambio climático. Estas políticas pueden verse como una colección de buenas prácticas o principios generales, cuya aplicación en el tiempo dependerá en gran medida de la iniciativa de los poderes públicos, de la evolución de la situación climática y de su percepción por parte de los usuarios.

## PALABRAS CLAVE:

Recursos hídricos, cambio climático, adaptación.

# LA INCIDENCIA DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN EL RECURSO HÍDRICO

Mar Asunción Higuera

## RESUMEN:

El cambio climático está aquí y avanza a una velocidad e intensidad mas alta de la prevista. El cuarto informe de Evaluación del Panel Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC), que no deja lugar a dudas sobre la contribución de la acción humana al calentamiento global y la necesidad de reducir las emisiones para evitar impactos abruptos e irreversibles.

El cambio climático amenaza no solo nuestros ecosistemas sino también las sociedades y la economía, con mayor riesgo de sequías, olas de calor, inundaciones, derretimiento de glaciares y subidas del nivel del mar. Las consecuencias del cambio climático ya se perciben en todos los continentes, pero son los países mas pobres los mas vulnerables a los impactos presentes y probablemente los que se produzcan en el futuro.

También en el sur de Europa y la región Mediterránea las proyecciones auguran un empeoramiento de las condiciones en una región que ya está sometida a variabilidad y vulnerabilidad climática, y una reducción de la disponibilidad de agua, del potencial hidroeléctrico, de las cosechas y del turismo estival. El aumento de temperaturas provoca mayor evaporación y transpiración vegetal. En España se prevé que las precipitaciones disminuirán en cantidad y cambiarán su temporalidad, con más frecuencia e intensidad de sequías, lo que afecta directamente a los recursos hídricos.

Es imprescindible que las previsiones y escenarios de cambio climático se tengan en cuenta en la planificación de las políticas e infraestructuras relacionadas con el agua.

## PALABRAS CLAVE:

Impactos cambio climático, sequías, inundaciones, olas calor, planificación acorde a escenarios cambio climático.

# PROTOCOLOS DE ACTUACIÓN EN SEQUÍAS

Enrique Hernández Moreno

## RESUMEN:

Se inicia esta comunicación con una aproximación al concepto de sequía y a sus tipos, así como a su cuantificación mediante una serie de índices internacionales (ISS, IEP, PPN, ISAS, IHC,...).

Se aborda el fenómeno de la sequía en España, haciendo especial hincapié en el contenido de los Planes Especiales, redactados por los Organismos de cuenca y los Planes de Emergencia, que corresponden a los gestores de abastecimientos de más de 20.000 habitantes.

Asimismo, se hace mención al Observatorio Nacional de la Sequía, creado por iniciativa conjunta de los antiguos Ministerios de Medio Ambiente y de Agricultura, Pesca y Alimentación.

Se da una pincelada, para terminar, sobre lo estipulado en la Directiva Marco del Agua, en el tema de la sequía.

## PALABRAS CLAVE:

Sequía, índices, planes especiales, planes de emergencia, observatorio de la sequía.

# PAISAJES URBANOS SOSTENIBLES

Cristina del Pozo

## RESUMEN:

En la actualidad existe una mayor conciencia en lo que se refiere a la conservación del agua utilizada en el mantenimiento de los espacios verdes urbanos, promoviendo su consumo racional, no sólo en tiempos de sequía, sino como una previsión de futuro, pues el agua no puede ya considerarse un recurso ilimitado. No obstante, este uso racional del agua en el mantenimiento de las áreas verdes sería más eficiente si dichas áreas verdes fueran diseñadas originalmente con un enfoque de uso racional y sostenible del agua, evitando por tanto superficies y especies que requieran altos consumos de agua para su mantenimiento.

Desde la Fundación Paisaje pretendemos promover la gestión eficiente del agua en el diseño de espacios públicos desde técnicas de paisajismo y que desde el diseño, estos paisajes urbanos sean más sostenibles, logrando un uso más eficiente del agua y de la energía, utilizando materiales no

contaminantes, creando microclimas que regulan y reducen la temperatura en las ciudades, el aumento de la biodiversidad urbana y una mayor calidad de vida.

Se comentarán los principios básicos para el diseño de paisajes urbanos sostenibles: el diseño naturalizado, la utilización de especies autóctonas - plantas adaptadas a cada lugar, una mayor diversidad de especies, el uso eficiente del agua, una mayor eficiencia energética, el control en el uso de fertilizantes y pesticidas, el mulching y el compostaje, la generación de un mayor valor ecológico y técnicas de xeropiasajismo.

## PALABRAS CLAVE:

Paisajes urbanos, sostenibilidad, uso eficiente del agua, ahorro, reutilización, xeropiasajismo, diseño espacios verdes urbanos.

# AGUA Y CUBIERTAS VEGETALES EN CLIMAS SECOS: UNA REFLEXIÓN

Christian Werthmann

## RESUMEN:

En climas templados, está demostrado que las cubiertas vegetales son beneficiosas para la gestión de las aguas urbanas. Las cubiertas vegetales retienen aguas pluviales, palián las inundaciones y reducen los desbordamientos en las redes unitarias de alcantarillado. Las cubiertas vegetales pueden tener un efecto positivo sobre la calidad de las aguas pluviales y aliviar la recarga de aguas subterráneas. En la última década se están instalando cada vez más cubiertas vegetales en climas secos y mediterráneos. Esta conferencia analiza los posibles beneficios de las cubiertas vegetales como parte de la estrategia de gestión de aguas urbanas en estos climas. Llega a la conclusión de que las cubiertas vegetales pueden tener beneficios hi-

drológicos si se dan determinadas condiciones. Su utilidad podría aumentar debido a cambios pronosticados inducidos por el calentamiento global. En regiones con escasez de agua, las cubiertas vegetales solamente se pueden instalar si su riego está integrado en un régimen hídrico sostenible. Además de las ventajas hidrológicas, otros beneficios de las cubiertas vegetales, como los efectos refrescantes, pueden tener la misma importancia o más en ciudades cálidas y secas.

## PALABRAS CLAVE:

Cubiertas vegetales, hidrología urbana, climas mediterráneos y secos.

# CIUDADES DEL FUTURO Y GESTIÓN DE AGUAS URBANAS

Kalanithy Vairavamoorthy

## RESUMEN:

Las ciudades del futuro tendrán probablemente dificultades para gestionar con eficacia los recursos hídricos cada vez más escasos y menos fiables. Para afrontar estas dificultades con éxito, es necesario cambiar notablemente el modo con que gestionamos el ciclo del agua urbano. Existen varios conceptos clave que subyacen a este cambio, por ejemplo: diseño de sistemas flexibles y robustos, intervenciones en todo el ciclo urbano del agua, reconsideración de la manera de uti-

lizar (y reutilizar) el agua, y mayor intervención de los sistemas naturales para el tratamiento de aguas generales y aguas residuales. Está claro que los cambios basados en estos conceptos contribuirán enormemente a reducir la vulnerabilidad de las ciudades e incrementar su capacidad y su preparación para enfrentarse a los cambios globales. SWITCH es un proyecto de investigación que pretende generar este cambio desarrollando soluciones científicas, tecnológicas y socioeconómicas para la gestión sostenible y eficaz del agua en las ciudades del futuro: Horizonte 2050.

# COMPORTAMIENTO DE UNA CISTERNA DE BAÑO DE MUY BAJA DESCARGA

David Butler

## RESUMEN:

Un reto clave en la gestión del agua durante las próximas décadas será la cuestión del consumo hídrico en el entorno doméstico, sin reducir los niveles de servicio. La cuantificación de los componentes de la demanda doméstica señala que las cisternas de baño abarcan la mayor proporción del consumo de agua potable (30%), por lo que se convierten en un objetivo evidente para mejorar la eficiencia hídrica. Este artículo presenta los resultados de un paquete de trabajo del consorcio de investigación WaND ([www.wand.uk.net](http://www.wand.uk.net)) encargado de la evaluación de campo y de laboratorio de un prototipo de cisterna de baño de muy baja descarga, que sólo requiere 2 litros de agua en cada uso. Las áreas de estudio concretas son el potencial de ahorro de agua, el rendimiento hidráulico y la aceptabilidad por el usuario. El estudio demostró que sustituir las cisternas con-

vencionales por este tipo de cisterna de baño de muy baja descarga ahorra más del 80% de la demanda de agua en este caso. A pesar de utilizar cantidades de agua mucho menores, los caudales reducidos no afectaron negativamente al funcionamiento de los sistemas de drenaje y alcantarillado si estaban apropiadamente diseñados. También se constató que, si bien este tipo de tecnología es generalmente bien aceptado por los usuarios, las mujeres preferían utilizar una cisterna convencional, aunque dieron a la nueva cisterna una calificación más alta que los hombres.

## PALABRAS CLAVE:

Gestión de la demanda, alcantarillado, cisterna de baño de muy baja descarga, aceptación por el usuario, conservación de agua.

# REUTILIZACIÓN DE AGUAS GRISES EN EL ÁMBITO URBANO

Emiliano Rodríguez Briceño

## RESUMEN:

La mayoría de las grandes ciudades en el mundo presentan limitaciones en su crecimiento sustentable en el mediano y largo plazo debido a la falta de recursos hídricos en cantidad y calidad. Los grandes proyectos de inversión para remediar la sobreexplotación de los acuíferos se concentran en la construcción de presas o explotación de nuevas fuentes subterráneas dentro y fuera de los límites geográficos, sin embargo poco se exploran otras alternativas como la reutilización de los recursos hídricos ya explotados. En especial en zonas agrícolas o industriales, las posibilidades de reutilización de agua residual y tratada son muy amplias y generalmente más económicas que producir más agua potable. Las grandes ciudades de México no son ajenas a la problemática de disponibilidad de agua, y en especial la ciudad de

León, situada en el Estado de Guanajuato, ha tenido que implementar diversas estrategias que le permitan mantener su desarrollo y sustentabilidad en el largo plazo. Las alternativas varían desde la reutilización de aguas grises por el sector privado, hasta el saneamiento del agua residual para reutilización en procesos industriales y agrícolas. El presente trabajo tiene por objetivo compartir las experiencias y estrategias implantadas por el Sistema de Agua Potable y Alcantarillado de León y su visión de largo plazo para una adecuada gestión de los recursos hídricos disponibles.

## PALABRAS CLAVE:

Reutilización de aguas, aguas grises, agua residual y agua tratada.

# GESTIÓN Y RENOVACIÓN DE INFRAESTRUCTURAS DE AGUAS URBANAS

Balvant Rajani y Yehuda Kleiner

## RESUMEN:

Las conducciones de gran diámetro para transmisión de agua y las cañerías de pequeño diámetro para distribución son componentes esenciales en los sistemas de suministro de aguas urbanas. Grandes proporciones de estas tuberías tienen edades medias de más de 50 años y su estado rara vez se conoce con precisión. Las redes de distribución se deterioran a medida que envejecen. Una cuestión que surge inmediatamente desde la perspectiva de la empresa de servicio público es qué tuberías requieren atención y cuándo. Esta cuestión se debate en términos de gestión de fallos para cañerías de pequeño diámetro y prevención de fallos para conducciones de gran diámetro.

Esta conferencia se centra en la gestión de fallos y las estrategias de prevención para conducciones de agua. La medida más común del deterioro

de tuberías de distribución de pequeño diámetro es la frecuencia de los fallos, que puede mitigarse de manera proactiva mediante protección catódica para controlar la corrosión externa. Este documento destaca la importancia y los beneficios de la recopilación de datos y cómo los análisis posteriores con modelos pueden ayudar a renovar las conducciones de agua deterioradas. Estos análisis sirven de apoyo a los planificadores hídricos para detectar qué tuberías deben renovarse, cuándo y cómo, en función de los niveles de servicio y las limitaciones presupuestarias. Estos análisis se debaten en el contexto de un estudio de casos.

## PALABRAS CLAVE:

Conducciones de agua, gestión de fallos, protección catódica.

# LA EXPERIENCIA DE ICLEI EN EL FOMENTO DE LA GESTIÓN SOSTENIBLE DEL AGUA MEDIANTE UNA RED DE GOBIERNOS LOCALES

Barbara Anton

## RESUMEN:

ICLEI es una red internacional de gobiernos locales que promueve políticas y prácticas urbanas que resultan idóneas para contribuir favorablemente a las condiciones de sostenibilidad global. Los enfoques de gestión desarrollados por ICLEI pretenden crear comunidades sostenibles y simultáneamente proteger los bienes comunes globales tales como el agua dulce.

El núcleo del Programa de Agua de ICLEI es el planteamiento de la Campaña del Agua. Se trata de un marco basado en el rendimiento donde los gobiernos locales trabajan en un proceso de cinco hitos. Los hitos genéricos (que se adaptarán para su aplicación en diferentes contextos regionales) son: (1) un inventario de la situación actual local de las aguas (recursos/gestión/acceso/...), (2) la fijación de objetivos, (3) el desarrollo de un plan de acción local para el agua, (4) la implantación de políticas y medidas y (5) la supervisión, evaluación y la comunicación de logros.

La Campaña del Agua de ICLEI fue lanzada en 2000 y hasta ahora está teniendo mucho éxito en Australia. Comenzó con 5 gobiernos locales piloto, y en la actualidad cerca de 120 ayuntamientos participan en un programa voluntario de fomento de las capacidades en todo el continente.

ICLEI Oceanía, con sede en Melbourne, incorpora los resultados de las actividades a los informes nacionales, para ofrecer una radiografía de las situaciones, tendencias y prioridades hídricas a nivel local en Australia y una visión general de los objetivos con los que se han comprometido los ayuntamientos participantes. Los más de 40 planes de acción local en agua formulados hasta el momento revelan una amplia gama de enfoques prácticos que intentan mantener el equilibrio entre preservar los magníficos ecosistemas y satisfacer las necesidades hídricas de las comunidades locales.

## PALABRAS CLAVE:

Recursos hídricos, gestión local del agua, sostenibilidad, red, orientación al rendimiento.

# ALIANZAS DE APRENDIZAJE PARA INNOVACIÓN EN GESTIÓN DE AGUAS URBANAS

J.A. Butterworth, M. Dziegielewska-Geitz, I. Wagner, A. Sutherland, N. Manning, C. Da Silva y J. Verhagen

## RESUMEN:

El consorcio Sustainable Water Improves Tomorrow's Cities' Health (SWITCH), un partenariado de investigación dedicado a las mejoras a largo plazo en la gestión de aguas urbanas en países desarrollados y en desarrollo, está poniendo a prueba procesos de investigación innovadora dirigidos a mejorar la eficacia científica en las aguas urbanas y hacer un uso más amplio e integrado de la investigación dentro de las ciudades. En esta conferencia se presentan las alianzas de aprendizaje como un enfoque para crear partenariados de múltiples partes interesadas para una investigación orientada a la demanda y una mejor aplicación de los hallazgos de las investigaciones. Se debate la necesidad de un enfoque integrado para

afrontar la complejidad de la gestión de aguas urbanas. Utilizando el ejemplo de la ciudad de Lodz en Polonia se ilustra el enfoque de la alianza de aprendizaje, y se ofrecen algunos ejemplos sobre cómo utilizar la evaluación de impacto de manera innovadora en el diseño y la implantación de partenariados de investigación. Finalmente, se sintetizan algunas lecciones más generales aprendidas hasta ahora de SWITCH y otros proyectos de aprendizaje similares.

## PALABRAS CLAVE:

Ciudades, investigación orientada a la demanda, sistemas de innovación, alianzas de aprendizaje, SWITCH, gestión de aguas urbanas.

# EL PROYECTO LIFE OPTIMIZAGUA: UN MODELO EUROPEO DE REFERENCIA PARA LA GESTIÓN EFICIENTE DEL AGUA EN USOS DE RIEGO

César Romero Tierno

## RESUMEN:

Las acciones piloto desarrolladas en el marco del proyecto europeo OPTIMIZAGUA aprobado en el marco del Programa LIFE de la Unión Europea han demostrado la importancia de aplicar dispositivos, metodologías y tecnologías de riego eficiente para obtener elevados ahorros de agua en distintos usos de riego, tomando como base para dicha experimentación demostrativa dos jardines públicos de la Ciudad de Zaragoza, zonas verdes privadas de una urbanización residencial en Logroño y la aplicación de los prototipos en diferentes cultivos de dos fincas agrícolas en Huesca y Soria.

La filosofía del proyecto ha sido la de combinar sistemas tradicionales de captación de aguas pluviales y de regulación hídrica, junto a la incorporación de sistemas expertos basados en tecnologías emergentes (telemetría, sondas de humedad, autómatas programables...) alimentados por energías renovables que han permitido regar en función de la necesidad concreta de la planta y el hacerlo, solamente, en condiciones climatológicas en las que el riego es eficiente.

Los ahorros de agua alcanzados han superado el 60% en el riego de césped de parques públicos, junto a la obtención de otros resultados de gran interés ambiental como la reducción del número de veces que se precisa cortar el césped por un riego eficiente, o los ahorros de emisiones asociados a la factura energética de “mover el agua”.

## PALABRAS CLAVE:

Proyecto LIFE OPTIMIZAGUA, riego eficiente, ahorro de agua, parques públicos, ahorro de la factura energética de “mover el agua”, tradición e innovación, dispositivos de riego inteligente, energías renovables.

# INVESTIGACIÓN SOBRE POTENCIALES DE EFICIENCIA CON EL EMPLEO DE LAVAVAJILLAS

Juan Carlos Ibáñez Carranza y Noelia Vela Pardos

## RESUMEN:

En la Comunidad de Madrid, los usos residenciales suponen más del 60% del agua total suministrada. La utilización del agua en el hogar en los distintos usos finales ha sido objeto de diversos estudios realizados por Canal de Isabel II, empresa suministradora, y en otras regiones y países por distintos organismos y empresas. Sin embargo, aparte de algunos ensayos de laboratorio, no se conocen referencias de estudios que muestren el uso del agua en el lavado doméstico de la vajilla.

El Canal de Isabel II y BSH Electrodomésticos España han emprendido conjuntamente un trabajo de investigación sobre la utilización de agua en los hogares para el lavado de la vajilla, y las mejoras en la eficiencia que pueden conseguirse con la utilización de un lavavajillas eficiente, con respecto al lavado a mano.

El estudio se ha realizado en condiciones reales de utilización, sobre una muestra de 155 viviendas. Durante un periodo de dos meses, los participantes se comprometieron a lavar la vajilla exclusivamente a mano. Posteriormente se instalaron lavavajillas eficientes, de clase AAA y durante otro periodo de dos meses se continuó controlando el consumo, ya con la utilización del aparato suministrado.

La monitorización del consumo se ha realizado mediante contadores de velocidad instalados en los grifos de las cocinas y un contador de precisión con emisor digital de pulsos en la entrada general de agua de la vivienda. Este contador, conectado a un dispositivo electrónico, registra el consumo de forma continua, permitiendo discriminar el volumen empleado en los distintos usos, y particularmente el utilizado en el lavavajillas. La medida en continuo del consumo permite igualmente detectar ausencias del hogar y otras circunstancias que pudieran afectar los resultados finales, de forma que teniendo en cuenta estas condiciones es posible homogeneizar los resultados obtenidos.

Los primeros resultados indican una clara mejora en la eficiencia de uso del agua, con una reducción del consumo equivalente al 10% del total del agua utilizada en la vivienda. El balance en cuanto al consumo de energía resulta también positivo, obteniéndose un ahorro medio de 1kWh diario.

## PALABRAS CLAVE:

Uso eficiente del agua, usos domésticos, lavavajillas.

# EL CUSCO VUELVE LA CARA A SU MÁS PRECIADO RECURSO: EL RÍO

Lucio Quiñones Jalisto

## RESUMEN:

La presente ponencia pretende mostrar aspectos de la gestión del agua en los andes peruanos (Sub cuenca Huatanay - Cusco). Una problemática compartida, y condiciones favorables posibilitaron iniciar un proceso de planificación participativa hace más de once años, permitiendo a la población del Valle de Sur de Cusco tomar conciencia sobre la problemática existente y la necesidad de participar en la búsqueda de soluciones. Este accionar conjunto ha permitido a la población acceder al recurso agua para consumo y riego, favoreciendo además la gestión de ciertos riesgos naturales y la recuperación de los ecosistemas. El desafío pendiente es atacar el estado crítico de contaminación en el que se encuentra el río Huatanay, eje vertebrador del Valle de Cusco y en la actualidad colector de aguas residuales de la ciudad.

Numerosos proyectos orientados a un consumo sustentable del recurso han sido implementados con la participación de los diferentes actores locales y el apoyo de la cooperación internacional, destacando la importancia de la capacitación y la información para asegurar la sostenibilidad de este proceso. Hoy los principales actores políticos del Valle están impulsando la conformación de un espacio de concertación para la gestión integrada de recursos hídricos, constituyéndose en uno de los primeros casos en el Perú. El proceso aún continúa pero hay avances significativos y consideramos que a corto plazo estaremos en condiciones de decir, "Cusco nunca más le dará la espalda al río".

## PALABRAS CLAVE:

Gestión integrada de recursos hídricos.

# EL AGUA Y LAS CIUDADES DEL MAÑANA. CRECIMIENTO Y DESARROLLO

Javier Celma Celma

## RESUMEN:

Las ciudades deben replantearse sus actuales modelos de crecimiento ilimitado adaptándolos a las garantías de suministro de los recursos -entre ellos el agua- locales.

A la vez y atendiendo a los objetivos de sostenibilidad, debe buscarse la utilización racional del agua y su gestión con criterios de eficiencia y ahorro, garantizando el suministro al ciudadano en cantidad y calidad. Ello implica reducir el consumo de agua, reciclar y reutilizar al máximo el suministro, contaminarla lo menos posible en su uso y proceder luego a su tratamiento de depuración para devolverla a las aguas naturales en condiciones aceptables, para que el impacto sobre los ecosistemas sea mínimo.

La implicación de la sociedad civil, a través de procesos de participación se hace imprescindible para afrontar los cambios necesarios en el manejo del recurso agua y sus ecosistemas asociados.

## PALABRAS CLAVE:

Gestión del agua, tarifas, sensibilización, eficiencia.

# LAS CIUDADES DEL AGUA: LAS PROTAGONISTAS DEL NUEVO SIGLO

Rinio Bruttomesso

## RESUMEN:

Si a fines del siglo pasado ha habido un descubrimiento general del agua dentro de las ciudades, este siglo se caracterizará por una revaluación, una valorización del agua dentro de su tejido, contribuyendo de este modo a mejorar la calidad de la vida urbana y a favorecer el desarrollo de actividades económicas, colocadas en las zonas de waterfront. Las ciudades de agua, en todos los continentes, serán favorecidas en la competición global del marketing urbano, teniendo más posibilidades de atraer recursos económicos para las futuras inversiones. En este cuadro, las ciudades-puerto

adquirirán una gran importancia que, gracias a la indispensable colaboración entre las diversas administraciones públicas, y entre éstas y los actores privados, serán capaces de realizar intervenciones con el objetivo de rediseñar el rol de estas ciudades y de relanzar la imagen a escala internacional.

## PALABRAS CLAVE:

Desarrollo urbano, relación ciudad-puerto, Waterfront.



Semana Temática 3

# AGUA PARA LA VIDA

[ Salud  
Calidad del agua ]



# Documento de síntesis<sup>5</sup>

Coordinador: **Antonio Sarría Santamera. Instituto Carlos III**

Coordinadora Adjunta: **María Sandín Vázquez. Universidad de Alcalá**

Comité Científico:

**Luis Gómez López. SESPAS**

**Francisco Falo Fornies. Director General de Salud Pública. Gobierno de Aragón**

Relatores:

**Verónica Orosa Monteso. Universidad de Alcalá**

**María Dolores Belenguer Sánchez. Universidad Politécnica de Madrid**

**María Sandín Vázquez. Universidad de Alcalá**

*No se le había ocurrido a la mujer del médico la posibilidad de que de los grifos de las casas no saliera ni una gota del precioso líquido, es defecto de la civilización, nos habituamos a la comodidad del agua canalizada, llevada a domicilio, y olvidamos que, para que tal suceda, tiene que haber gente que abra y cierre las valvulas de distribución, estaciones elevadoras que necesitan energía eléctrica, computadoras para regular los débitos y administrar las reservas, y para todo faltan ojos.*

## 1. INTRODUCCIÓN

La salud y el medio que nos rodea están íntimamente relacionados. El aire que respiramos, el agua que bebemos, el entorno donde trabajamos, o los edificios en los que vivimos, tienen una gran implicación en nuestro bienestar y salud. Esta relación entre medio ambiente y salud ha sido una constante en salud pública. Habría que citar aquí, por ejemplo, el trabajo pionero de Edwin Chadwick y su obra *Report on the sanitary condition of the labouring population of Great Britain (1842)* en la que muestra el impacto que sobre la salud

tiene el deteriorado medio urbano británico y en la que aboga por una intervención de los poderes públicos en el saneamiento de las ciudades, y que tuvo un considerable impacto sobre la opinión de la época e influyó en la adopción de las posteriores y tímidas medidas de reforma sanitarias contenidas en la *Public Health Act* de 1848.

Otro hito a destacar sería también el trabajo de Lalonde donde habla de los determinantes de la salud que serían: los servicios de salud, la biología humana, los estilos de vida y el medio ambiente. Hoy en día se habla de los determinantes de la

<sup>5</sup>Documento elaborado a partir de las comunicaciones escritas, las presentaciones orales, las discusiones a lo largo de la celebración de las sesiones y el destilado de las mismas preparado por los moderadores, relatores y coordinador con el soporte del equipo de Tribuna del Agua.

salud en un sentido más amplio. Así, se señalan los determinantes que están bajo el control del individuo (conductas y estilos de vida) y los que no están bajo su control (condiciones sociales, económicas y del entorno). Entre estos determinantes que no están bajo el control de los individuos está el agua, tanto el acceso a la misma como su buena calidad. No depende de las personas el tener acceso al agua y al saneamiento, ni la calidad del agua. Es una responsabilidad fundamental de los poderes públicos garantizar el acceso al saneamiento y la calidad del agua.

El objetivo de esta semana, distribuida en tres bloques, es:

- ▶ Agua para la vida y salud pública: Reflexionar sobre la idea de el agua como determinante fundamental de la salud de las poblaciones y del acceso al agua como un prerrequisito para la calidad de vida de las personas, evidenciar que gran parte de la carga de morbi-mortalidad global está relacionada con el acceso y calidad de agua e identificar las líneas de trabajo actuales en salud pública en este entorno.

- ▶ Agua para la vida y sociedad: Discutir sobre diferentes modelos de intervención para garantizar el acceso al saneamiento y al agua, así como los resultados que los diferentes actores sociales (organizaciones internacionales, gobiernos, sindicatos, asociaciones, universidades y movimientos de mujeres) han conseguido gracias a su investigación y trabajo, implementando programas para mejorar el acceso y calidad de agua y saneamiento.

- ▶ Agua para la vida e implicaciones para los decisores: Debatir desde diferentes puntos de vista (investigación, medios de comunicación, gobiernos) cuáles serían las medidas políticas a tomar para garantizar agua para la vida, un agua en cantidad y calidad adecuada para proteger la salud de los individuos y poblaciones.

## 2. REFLEXIONES

### Disponer de agua ¿es un derecho humano reconocido?

El agua es un elemento esencial para la vida. Es un determinante fundamental de la salud y un requisito previo imprescindible para la realización de todos los demás derechos humanos. El Comité de Derechos Económicos, Culturales y Sociales, de las Naciones Unidas, aprobó en 2002 una «observación general» sobre el agua como derecho humano (Observación General número 15. Ginebra, 11-29 de noviembre de 2002) indicando que: *“El agua es fundamental para la vida y la salud. La realización del derecho humano a disponer de agua es imprescindible para llevar una vida saludable, que respete la dignidad humana. Es un requisito para la realización de todos los demás derechos humanos”*.

El comentario general señala que: *“el derecho humano al agua otorga derecho a todos a contar con agua suficiente, a precio asequible, físicamente accesible, segura y de calidad aceptable para usos personales y domésticos”* y solicita a los gobiernos que adopten estrategias y planes de acción para hacer eficaz la realidad del derecho al agua.

### ¿Cómo afecta a la salud de las poblaciones el acceso al agua y al saneamiento y la calidad del agua?

La Organización Mundial de la Salud (OMS) ha estimado que del 25-33% de la carga global de enfermedad puede ser atribuida a factores de riesgo del ambiente. Los niños de menos de 5 años parece que serían los que soportan la mayor carga ambiental. La proporción de riesgos ambientales disminuye con el desarrollo económico. Por otra parte, también se han identificado importantes desigualdades en salud relacionadas con el agua.

Mueren más personas al año por diarrea que por malaria. La falta de acceso a agua potable es un prerrequisito para la calidad de vida de las personas (tanto por la necesidad física del agua para bebida como por la falta de higiene y aumento de patologías asociadas que se deriva de su carestía). El agua no potable es un vehículo de multitud de enfermedades que cerrarían el círculo de la pobreza, falta de agua, enfermedad, incapacidad para trabajar, más pobreza, más falta de agua, más enfermedad.

Además de las enfermedades tradicionalmente relacionadas con el agua, como diarreas, paludismo, esquistosomiasis, helmintiasis intestinales (ascariasis, tricuriasis, anquilostomiasis), encefalitis japonesa, hepatitis A, intoxicación por arsénico, y fluorosis dental y ósea), hay que pensar en la presencia de compuestos tóxicos persistentes (CTPs) en el agua, cuya magnitud real actual y tendencias –así como su diversidad geográfica, ambiental y social– siguen siendo ampliamente desconocidas. Es plausible que una parte relevante del impacto negativo que algunos CTPs están teniendo sobre la calidad de vida de amplios sectores de la sociedad se pueda evitar si se acometen con celeridad cambios en nuestras formas de trabajo, producción, transporte, consumo y otras que son asimismo fundamentales en la organización de nuestras sociedades.

La propia actividad humana contribuye a empeorar esta situación. El cambio climático, el aumento del consumo global de agua y la creciente contaminación de ríos, lagos y aguas subterráneas, está aumentando la magnitud de estos problemas.

### **¿Se están cumpliendo los Objetivos de Desarrollo del Milenio relacionados con el agua?**

La meta 10 del objetivo 7 de los Objetivos de Desarrollo del Milenio (ODM) es “Reducir a la mitad para el año 2015 el porcentaje de personas que

*carezcan de acceso sostenible al agua potable y a servicios básicos de saneamiento*”. Según esto, y basado en los datos de 2004 publicados por la OMS:

► Para cumplir la meta de los ODM relacionada con el abastecimiento de agua sería preciso que cada día, desde 2004 hasta 2015, 260.000 personas lograran acceder a un suministro mejorado de agua.

► Para cumplir la meta de los ODM relacionada con el saneamiento sería preciso que, desde 2004 hasta 2015, 370.000 personas accedieran cada día a servicios mejorados de saneamiento.

Actualmente se invierte el 1% del PIB y haría falta en torno al 5% en infraestructura de acceso a agua y saneamiento para alcanzar los ODM. No alcanzar los ODM provocaría más de 1 millón de muertes por diarrea, elevados costos en servicios de salud y pérdida de gran volumen de tiempo para formación, tanto por las repercusiones de las enfermedades como por el tiempo perdido en obtención del recurso.

Las previsiones de crecimiento poblacional advierten que va a darse un aumento elevado de la población urbana (en número de ciudades con más de 10 millones de habitantes, y el 80% de las mismas estarán en países pobres), hecho que se deberá tener en cuenta a la hora de planificar e invertir en proyectos de acceso a agua y saneamiento.

### **¿Qué sabemos de la efectividad de las intervenciones?**

Las intervenciones realizables respecto al agua son de diversos tipos (aumento de acceso, mejora de saneamiento, mejora de las conductas y estilos de vida de las personas relacionadas con la higiene). El beneficio que pueden aportar debe ser evaluado en el terreno, en las poblaciones a las que van destinadas y en las condiciones en las que van a llevarse a cabo.

Actualmente hay evidencia del efecto directo de sobre la salud en la disminución de muchas enfermedades (como la diarrea o el tracoma) y también de efectos no sanitarios (como sobre cuestiones de género, ya que en ciertas poblaciones, las niñas pueden dejar de ir al colegio si no dispone de saneamiento la escuela). Pero también se sabe que ciertas intervenciones no funcionan, como hacer programas de saneamiento muy alejados de la realidad local donde se van a aplicar.

Algunos de los factores que contribuyen al éxito de las intervenciones en salud pública serían:

- ▶ Apoyo político e implicación de los gobiernos
- ▶ Liderazgo local
- ▶ Movilización comunitaria
- ▶ Recursos suficientes

Si no se tienen en cuenta las necesidades de la población desde la identificación de los problemas y no se realizan intervenciones participativas, se corre el riesgo de fracasar en los proyectos, ya que los receptores de las acciones no perciben el beneficio de las mismas, factor clave para la sostenibilidad y el éxito de los mismos. Para garantizar que esto suceda debe darse a las personas la posibilidad real y los mecanismos que posibilitem esta participación.

Para conseguir esta conexión entre lo local y lo gubernamental deben crearse espacios de concertación y apoyar la toma de decisiones y la generación de políticas para la gestión basadas en las experiencias del colectivo.

### ¿Qué respuestas se han planteado?

El grupo de Trabajo sobre Agua y Saneamiento (Proyecto Milenio) de las Naciones Unidas (11), tienen como punto de partida para alcanzar el objetivo del milenio relacionado con el agua y la salud, de reducir a la mitad, antes de 2015, la pro-

porción de personas sin acceso sostenible al agua potable segura y sin servicios de saneamiento, el reconocer la primacía de la acción a niveles nacional y subnacional, tan cerca como sea posible del lugar donde se encuentran los problemas y oportunidades. La clave para alcanzar los objetivos será movilizar a las mismas personas, país por país, particularmente de los barrios pobres y otras comunidades marginadas donde el acceso al servicio es más bajo. Es claro que el enfoque debe comenzar en los motivos.

Los gobiernos locales, regionales y nacionales tienen la responsabilidad principal de expandir el acceso al suministro de agua y los servicios de saneamiento. Deben garantizar que se eliminen las desigualdades que se observan en el acceso al agua y al saneamiento. Aunque los gobiernos no necesitan participar directamente en el suministro del servicio, sí necesitan fijar normas a los proveedores de servicios (incluyendo servicios públicos y del sector privado), e intervenir si fuera necesario para hacer que las cosas sucedan. Lo primordial es que el punto de partida debe ser una acción nacional, reconocer los ODM como objetivos de desarrollo con prioridad nacional, preparar estrategias y planes de acción para su logro, abrir oportunidades para la acción de la comunidad y movilizar la conciencia y apoyo públicos, en especial sobre los servicios de saneamiento y la higiene.

La gestión del agua se tiene que realizar de una manera global, teniendo en cuenta a todos los actores que intervienen en el proceso (gobiernos nacionales, regionales, locales, juntas de agua, ONGs...). La forma de garantizar el acuerdo de las diferentes partes de un proceso de trabajo en el que puede existir un conflicto de intereses es a través siempre del diálogo y la negociación. Para ello son fundamentales dos elementos que van directamente unidos: una vocación de transparencia, y la disponibilidad de sistemas de información que permitan tomar decisiones. Esto permite crear espacios en los que se llegue a acuerdos desde todos los niveles de gobernanza, convirtiendo estos procesos en instrumentos para el aprendizaje.

Para cumplir los objetivos de acceso a agua y saneamiento es necesario aumentar la ayuda internacional 0,9 billones de dólares por año, pero es una tendencia que se está haciendo actualmente, con lo cual es un objetivo realista y se podría cumplir. Lo que es imprescindible es una redistribución de esta ayuda existente para que sea efectiva. El coste para asegurar el agua y el saneamiento en todo el mundo es de 2 céntimos de dólar por día y por persona en los países desarrollados.

### **¿Desde qué perspectiva hay que resolver el problema?**

Los problemas que afectan a nuestra salud son complejos y tienen un origen diverso. La salud depende tanto de la organización social que nos dotamos como de la propia realidad del ecosistema en el que vivimos. Ambos, están en relación con la estructura de poder y las formas de gobierno de nuestras sociedades.

Este planteamiento está surgiendo desde una perspectiva tanto de investigación, como de aplicación en la práctica y para plantear estrategias “win-win” que mejoren tanto la organización social como la salud de los ecosistemas. Se trata de mirar los problemas “río arriba”, incluyendo aspectos que tienen que ver tanto con cómo vivimos como con dónde vivimos, las desigualdades sociales, los valores culturales, los estilos de vida, así como los propios abastecimientos de agua e infraestructuras.

El enfoque debe ir, por tanto, más allá de la provisión de servicios. Debe ser integral y, además, garantizar su sostenibilidad. La salud y desarrollo de los seres humanos dependen de ecosistemas saludables. Los ecosistemas se deterioran debido a la presión que ejercen las actividades y patrones de desarrollo humanos. Por tanto, existe una imperiosa necesidad por entender las relaciones que existen entre la salud pública, los ecosistemas y las condiciones sociales y económicas. La meta es

diseñar intervenciones para reconectar a las personas y ecosistemas y así proteger a ambos.

### **¿Qué papel tienen los medios y tecnologías de la comunicación?**

Los retos actuales (crecimiento poblacional, incremento de la población en áreas urbanas, elevado consumo, cambio climático) demandan una nueva cultura del agua en la sociedad y en las instituciones: aspectos clave en agua requieren información y decisiones consensuadas. La información, transparencia y participación son claves para el cambio.

Los medios de comunicación deben asumir su responsabilidad para garantizar el derecho de la población a estar bien informados, elemento imprescindible para su participación como usuarios y ciudadanos. Por ello, los medios de comunicación tienen la obligación de fomentar la conciencia ecológica de la sociedad. No obstante, mientras los medios de comunicación continúen buscando titulares con verdades a medias y absolutamente faltos de rigor científico con el único fin de vender ejemplares, la información nunca será transparente.

Internet es una magnífica herramienta que ofrece un mayor acceso a la información. Los gobiernos deben aprovechar mejor sus recursos para favorecer el intercambio ágil de conocimientos entre los usuarios. Pero esta globalización de la información todavía no es real puesto que el mapa del acceso a Internet es similar al mapa de acceso al agua.

Disponer de información permite tomar decisiones y determinar el valor de las diversas propuestas. Para ello, estos sistemas deben ofrecer versatilidad y capacidad de adaptarse a nuevas situaciones, incorporando una filosofía de mejora continua e innovación a medida que avancen las nuevas tecnologías de la información y las comunicaciones.

## ¿Cuál es la responsabilidad de los sistemas de salud pública?

La investigación en salud pública debe responder a las repercusiones que los cambios en calidad y cantidad del agua pueden tener en la salud de las poblaciones. Así mismo, es esencial que los decisores políticos utilicen la evidencia disponible para implementar medidas que aseguren la calidad del agua, y así mismo, aseguren que los sistemas de información sirven para la obtención de datos evaluables, y aplicarlos para llevarlas a cabo. Los responsables políticos deben disponer y utilizar información oportuna, pertinente y fidedigna sobre el medio ambiente para ofrecer respuestas a los problemas medioambientales de nuestro tiempo. La “Evaluación de Impacto en Salud”(12), una combinación de procedimientos, métodos e instrumentos que permiten juzgar los posibles efectos de una política, un programa o proyecto en la salud de una población, en este caso el efecto sobre la salud de las políticas sobre el agua, son un instrumento útil para la toma de decisiones.

### Entonces, ¿qué es el agua para la vida?

Pero quizá, que haya una definición clara puede ayudar a dar a conocer que hay muchos seres humanos que no tienen ni si quiera agua para poder vivir. Quizá puede ayudar a identificar quién está, al “cerrar el grifo” de algunas familias, violando el derecho requisito para la realización de todos los demás derechos humanos. Quizá pueda ayudar a hacer una distinción clara entre lo que es agua como derecho humano y agua como negocio y empezar a buscar las estrategias para que de verdad, y de una vez por todas, se tomen las acciones necesarias para poder llegar a cumplir el derecho humano sin el cual ninguno de los demás derechos se pueden conseguir. El agua para la vida, el agua para que el ser humano pueda vivir (13).

## 3. APLICABILIDAD Y REPRODUCIBILIDAD

La evidencia indica que el éxito está relacionado con la participación de la población beneficiaria, y cuando se hace hincapié en los grupos con más desigualdades, como pueden ser los que se ven afectados por cuestiones de género. Las mujeres no son víctimas de los procesos, si no que son integrantes de una sociedad y tienen la responsabilidad de implicarse y el derecho a ser implicadas en los procesos de gestión del agua.

Un determinante clave es la incorporación de los programas de agua y salud a la agenda de los políticos, que lo apropien como parte fundamental de su programa, y que fomenten la demanda en la sociedad, para que ésta lo asuma como un avance fundamental y prioritario para alcanzar su derecho a la salud.

La implicación de la sociedad trae consigo la necesaria consideración de la realidad local lo que representa la obligada contextualización de las soluciones. La participación de la sociedad sólo puede hacerse desde la transparencia. Como ya se ha señalado, los sistemas de información como elementos de soporte para la toma de decisiones, son piezas clave para la participación ciudadana, garantizando la transparencia. No se trata de conocer el ciclo del agua, sino la relación del acceso, la gestión, y el consumo con el entorno (social, de decisiones políticas). Los sistemas de información deberían ser integrados en la sociedad para lograr resultados positivos, aportar datos en tiempo real, información clave y previsiones futuras.

Para ello resulta imprescindible un enfoque integral y sostenible, que de respuesta tanto a las necesidades de conservación de los ecosistemas como a la realidad social, y la visión transdisciplinar (sanitaria, ambiental y social) que rompa barreras y evite conflictos que antes no existían.

#### 4. REFERENCIAS

- (1) Saramago J. Ensayo sobre la ceguera. 3ª ed. Punto de Lectura. Madrid, 2006
- (2) Datos extraídos de la Organización Mundial de la Salud. Consultables en: [http://www.who.int/water\\_sanitation\\_health/publications/facts2004/es/index.html](http://www.who.int/water_sanitation_health/publications/facts2004/es/index.html)
- (3) Hinrichsen, D., Robey, B., Upadhyay, U.D. "Soluciones para un mundo con escasez de agua". Population Reports, Serie M, No. 14. Baltimore, Johns Hopkins School of Public Health, Population Information Program, 1998.
- (4) World Health Organization (WHO). Our planet, our health—Report of the WHO Commission on Health and Environment. Geneva, WHO, 1992. p. 106-144.
- (5) World Health Organization (WHO). Health and environment in sustainable development five years after the earth summit. Geneva, WHO, 1997. p. 19-133.
- (6) Klohn, W. and Wolter, W. Perspectives on food and water. Presented at the International Conference of Water and Sustainable Development, Paris, Mar. 19-21, 1998. p. 1-6.
- (7) Niemczynowicz, J. Wasted waters. UNESCO Sources, No. 84, p. 8. Nov. 1996.
- (8) Havas-szilagyi, E. National groundwater protection program in Hungary. International Conference of Water and Sustainable Development, Paris, Mar. 19-21, 1998. p.1-5.
- (9) Shiklomanov, I.A. Assessment of water resources and water availability in the world. Stockholm, Stockholm Environmental Institute, 1997. p. 1-88.
- (10) Environmental Protection Agency (EPA). The quality of our nation's water: 1994. Washington, D.C., EPA, Dec. 1995. p. 209.
- (11) "Agua para la vida. Iniciativa del agua de la UE" Luxemburgo: Oficina de Publicaciones Oficiales de las Comunidades Europeas, 2004 ISBN 92-894-4433-9
- (12) "Cómo lograr los objetivos de desarrollo del milenio con respecto al agua y saneamiento: ¿qué será necesario?" Informe Sumario Provisional. Grupo de Trabajo sobre Agua y Saneamiento. Proyecto Milenio. Diciembre de 2003.
- (13) Rueda Martínez de Santos, J.R. "Guía para la evaluación del impacto en la salud y en el bienestar de proyectos, programas o políticas extrasanitarias" Investigación Comisionada. Vitoria-Gasteiz. Departamento de Sanidad. Gobierno Vasco, 2005. Informe nº: Osteba D-05-04.
- (14) Comité de las Naciones Unidas sobre los Derechos Económicos, Sociales y Culturales. Observación General número 15 (Ginebra, 11-29 de noviembre de 2002)

## CONCLUSIONES

### Agua y salud

Cuando la evidencia científica de la relación entre agua y salud es tan clara y abundante, es la hora de pasar a tomar decisiones para la acción. Ha quedado evidenciada la trascendencia del agua como prerequisite para una vida en salud y las iniquidades poblacionales existentes actualmente en este sentido, por lo que los decisores políticos deberán adoptar las medidas necesarias para solventar esas desigualdades y proteger ese derecho para las poblaciones.

### Agua y sociedad

Es necesario profundizar en el debate de la utilización del agua como derecho humano (siguiendo las observaciones de las Naciones Unidas) o como negocio, como bien o como mercancía y buscar las formas de gestión más adecuadas basadas en el derecho a la salud en todas las poblaciones.

A pesar de que en la mitad del periodo previsto los ODM referentes al agua no tienen el grado de cumplimiento deseable, es tiempo de concretar cuáles son las medidas que, teniendo en cuenta el gran crecimiento de la población mundial, sean verdaderamente eficaces y se reflejen en la mejora del acceso al derecho fundamental que es el agua. Sería provechoso un acuerdo global de compromiso con dichos objetivos, y una implementación local, dando el papel protagonista tanto a los gestores como a las poblaciones receptoras.

### Agua y las implicaciones para los decisores

La investigación debe incorporarse en la toma de decisiones políticas. Así mismo, es clave la evaluación de las políticas que se realizan en temas relacionados con el agua y la salud para asegurar que se están obteniendo los resultados para los que fueron diseñadas. Y desde la salud pública (y las

instituciones relacionadas), adoptar un enfoque integral, donde se encuentren disciplinas sociales, ambientales, además de las más puramente sanitarias, fomentaría la comprensión de este tema complejo, pero abarcable, que es la repercusión de la falta de acceso a el acceso de mala calidad al agua en la salud de las poblaciones.

## RECOMENDACIONES

I. El acceso al agua es un determinante fundamental de la salud y prerequisite para la vida de las personas.

II. Los gobiernos deben asumir la responsabilidad de garantizar este derecho a los ciudadanos.

III. La participación social es un elemento fundamental para el que se requiere información y transparencia.

IV. Los gobiernos necesitan recursos para llevar a cabo estas propuestas, que se deben orientar a planteamientos globales de desarrollo y cambio.

V. La calidad debe ser relativa al entorno, y se debe adaptar a los contextos y realidades concretas.

VI. Deben eliminarse todas las desigualdades en el acceso al agua y al saneamiento (entre países, de clase social, género, urbano-rural).

VII. La toma de decisiones debe estar apoyada tanto en la evidencia de la investigación como en los sistemas de información, con respuestas orientadas tanto a mejorar los ecosistemas como la sociedad en la que vivimos.

# INTERVENCIONES PARA REDUCIR LAS INFECCIONES RELACIONADAS CON EL AGUA Y EXCREMENTOS EN HOGARES DE RENTAS BAJAS

Wolf-Peter Schmidt

## RESUMEN:

El acceso limitado a instalaciones de eliminación de agua y excrementos (saneamiento) se asocia con diarrea, infección intestinal por lombrices, esquistosomiasis, tracoma y muchas otras afecciones. Resulta difícil evaluar el impacto sanitario de las intervenciones en agua, saneamiento e higiene. Incluso los ensayos aleatorizados han fracasado en ocasiones estrepitosamente a la hora de aportar estimaciones no sesgadas. Así pues, las estimaciones de beneficios no sanitarios y de potenciales efectos adversos además de los datos de impacto sobre la salud son cruciales para la toma de decisiones. Desde esta perspectiva, el acceso a una cantidad de agua y un saneamiento adecuados tiene la máxima prioridad. Hacen falta tecnologías de bajo coste, dado que los enfoques derrochadores de los países industrializados son inasequibles y probablemente innecesarios en muchos hogares de rentas bajas. La tasa de fracasos de las intervenciones de saneamiento es elevada. Las intervenciones de saneamiento con éxito se caracterizan por un fuerte respaldo político, liderazgo

local y movilización comunitaria, aunque dependen sólo de subvenciones limitadas.

Estas intervenciones se complementan con la promoción (medios de comunicación de masas) de la higiene personal (p. ej. lavarse las manos), que pueden suponer beneficios adicionales para la salud. No obstante, se ha demostrado que es difícil cambiar las conductas si no se logran primero mejoras en el acceso al agua y el saneamiento. Se defiende el tratamiento de aguas en el punto de uso (hogar) como un medio muy efectivo para reducir la diarrea pero, al igual que con las intervenciones de higiene, las estimaciones de los ensayos aleatorios controlados pueden exagerarse en gran medida, mientras que la aceptabilidad entre las poblaciones pobres continúa siendo baja.

## PALABRAS CLAVE:

Intervenciones de salud pública, saneamiento, agua, higiene, diarrea.

# CRISIS DE AGUA POTABLE DEBIDO A LA CONTAMINACIÓN POR ARSÉNICO EN BANGLADESH: CONSECUENCIAS PARA LA SALUD PÚBLICA, ESTRATEGIAS DE MITIGACIÓN Y SOSTENIBILIDAD

Mobarak Hossin Khan, Alexander Kraemer y Mitsuru Mori

## RESUMEN:

El acceso a agua potable segura es un derecho fundamental y resulta indispensable para una vida saludable. Aunque Bangladesh posee muchos recursos de aguas superficiales y subterráneas, lamentablemente las enfermedades transmitidas por el agua en las aguas superficiales y más recientemente la contaminación subterránea por arsénico (CSA) de las aguas han supuesto un grave desafío. En la actualidad, el 97% de la población rural bebe agua subterránea a través de millones de pozos tubulares de bombeo manual.

La exposición a largo plazo a niveles excesivos de arsénico (>0,05 mg/l) es altamente tóxica y afecta a todos los órganos y aparatos del organismo. Hay toda una serie de consecuencias adversas para la salud vinculadas al consumo de agua potable contaminada con arsénico (APCA). El consumo continuado de APCA puede aumentar el riesgo de varios cánceres, por ejemplo de piel e hígado. En 1993 se detectó por primera vez una mayor concentración de arsénico y se estima que 35 millones de personas están en riesgo de beber APCA en Bangladesh. Varios miles de pacientes con arseni-

cosis ya han sido diagnosticados, y los pronósticos apuntan a un rápido incremento en el futuro.

Para poder suministrar agua potable sin arsénico en las áreas afectadas, el Gobierno de Bangladesh, en cooperación con organizaciones nacionales e internacionales, ha probado ya varias opciones alternativas, pero ninguna de ellas parece viable ni sostenible en lo concerniente a aceptación, mantenimiento, coste y cuestiones de salud. Sin embargo, algunas estrategias de prevención, basadas en factores significativos asociados con el consumo de APCA podrían mejorar la situación general. Esta conferencia presenta una visión integral sobre la CSA, las fuentes de contaminación, las consecuencias para la salud, y las mitigaciones, prevenciones e implicaciones para Bangladesh.

## PALABRAS CLAVE:

Agua potable subterránea, contaminación por arsénico, consecuencias para la salud, estrategias de prevención, Bangladesh.

# CALIDAD DEL AGUA DE CONSUMO EN LAS COMUNIDADES RURALES DEL OCCIDENTE DE NICARAGUA

Octavio Guevara Villavicencio, Aura Lyli Orozco, Oscar González, Javier Aguirre, Guadalupe Álvarez, Saugar Gema de la Cruz María Enriqueta Arias Fernández y María Isabel Pérez Leblic

## RESUMEN:

El objetivo de este estudio era conocer la calidad del agua de consumo humano del sector rural noreste de León (14 comunidades), según las normas de calidad del Ministerio de Salud de Nicaragua (Normas CAPRE) y las posibles fuentes de contaminación de las mismas.

Para ello se diseñó un estudio en el que se muestrearon 69 fuentes de agua que abastecen a un 47,9% de la población total del sector. Sobre estas muestras se realizaron análisis microbiológicos, análisis físico-químicos y el análisis de plaguicidas.

Se tomaron muestras de suelo, con el fin de conocer el grado de permeabilidad del mismo, se aplicó una encuesta sobre el estado de los pozos y sobre las condiciones higiénico sanitarias de la zona.

Una vez obtenidos los resultados se realizaron los análisis estadísticos pertinentes para el estudio de las posibles asociaciones entre las diferentes variables.

Los resultados principales del estudio han sido que el 97,1% de las muestras analizadas no cumplen los parámetros establecidos por el ministerio de salud, para consumo humano. La contamina-

ción predominante es la microbiana (97.1% de las muestras están contaminadas, según el análisis microbiológico), seguida de la contaminación físico-química (31,3%) y por último la contaminación con plaguicidas (18,8%).

Las pruebas estadísticas asociaron significativamente ( $\Phi=0,580$   $p<0,05$ ) la contaminación microbiana con el tipo de pozo (artesanal, perforado o tanque de almacenamiento) y la forma de extracción del agua por cuerda, bomba eléctrica o tubería ( $\Phi=0,599$   $p<0,05$ ). Existió un grado de asociación significativa entre la contaminación microbiana y la presencia de animales domésticos cerca del pozo.

Los resultados sugieren que la contaminación se da fundamentalmente por introducción directa por la inmersión de cuerdas que son arrastrados por el suelo y contaminados con la carga fecal cercana a los pozos.

## PALABRAS CLAVE:

Calidad bacteriológica del agua, parámetros físicoquímicos, residuos de plaguicidas.

# RELACIÓN ENTRE EL ACCESO AL AGUA Y SANEAMIENTO Y LA MEJORA DE LA SALUD

## CASO DEL PROGRAMA DE INGENIERÍA SIN FRONTERAS EN TANZANIA

Alejandro Jiménez Fernández de Palencia y Cristina Vela Plaza

### RESUMEN:

Existe una relación probada entre el acceso al agua y saneamiento y la mejora de la salud. Se presenta un caso concreto que ratifica el impacto sobre la salud y la calidad de vida de la población, a través de los resultados de la evaluación de una fase del programa de promoción de hábitos higiénicos, agua y saneamiento (Programa Hidrosanitario) que Ingeniería Sin Fronteras ejecuta en Kigoma, Tanzania.

### PALABRAS CLAVE:

Relación agua-salud, programas de cooperación, evaluación, Tanzania.

# AGUA Y SALUD EN ÁFRICA

## EXPERIENCIAS DE AMREF

Gerald K. Rukunga

### RESUMEN:

En el mundo, 2.400 millones y 1.100 millones de personas no tienen acceso a saneamiento y agua, respectivamente. África presenta la cobertura más baja, sólo después del sudeste asiático. África subsahariana, con una población de 770 millones de personas, tiene la cobertura más baja: un 58% para el agua y un 36% para el saneamiento. El 70% de la morbilidad, sobre todo para niños menores de cinco años, se relaciona con el agua y el saneamiento no seguros. Reviste especial interés la diarrea, que mata cerca de 700.000 niños cada año en África subsahariana. Algunos de los factores que contribuyen a esta situación son: variabilidad climática, incluyendo calentamiento global, degradación medioambiental, deforestación y contaminación de manantiales existentes, aumento de la demanda de agua para usos varios, baja asignación de recursos para conservar y proteger los manantiales, pobreza y alto coste de los servicios, escasa aplicación de leyes y políticas apropiadas e ignorancia, entre otros. En un esfuerzo por mejorar el acceso, AMREF, la mayor ONG africana dedicada a la salud, ha probado y documentado un modelo que garantiza un acceso mejorado al agua y el saneamiento, además de asegurar la sostenibilidad de las intervenciones basadas en los propios esfuerzos de los beneficiarios. Todo esto ha resultado en un mejor acceso a

agua y saneamiento seguros, reducción significativa de enfermedades relacionadas, aumento de la producción alimentaria, forestación, conservación de manantiales, asistencia a la escuela más frecuente y mejor rendimiento escolar de las niñas. Además se han realizado otras actividades generadoras de ingresos utilizando el agua.

AMREF ha garantizado que todas las intervenciones sean respetuosas con el medio ambiente. Las lecciones aprendidas en el proceso de las intervenciones se han compartido con otras partes interesadas para su replicación y además han influido en la creación de nuevas políticas y prácticas.

Todavía quedan retos por superar, incluyendo la falta de políticas y leyes adecuadas, pobreza, efectos del calentamiento global y garantizar que las comunidades tengan la capacidad de mantener los servicios de agua y saneamiento en toda África.

### PALABRAS CLAVE:

Agua, saneamiento, higiene, acceso, sostenibilidad, partenariados, fomento de las capacidades, influencia en la política y la práctica, impacto ambiental, pobreza, morbilidad, mortalidad.

# EL AGUA COMO SERVICIO PÚBLICO E IMPLICACIONES PARA LA SALUD DE LAS PERSONAS: LA IMPORTANCIA DEL ALCANTARILLADO URBANO

David Hall y Emanuele Lobina

## RESUMEN:

La difusión de los sistemas de agua y saneamiento se reconoce como una de las mayores contribuciones a la salud pública. El desarrollo histórico de estos sistemas se ha logrado utilizando las finanzas públicas, y no con la plena recuperación de costes y los proveedores privados. En este contexto, las políticas impositivas son mucho más importantes que la plena recuperación de los costes. Algunos de los países en desarrollo más grandes se están decidiendo por aplicar políticas similares, con resultados efectivos. Los costes son asequibles para países donde la gran mayoría de su población precisa conexiones, aunque hay algunos países de rentas bajas que todavía necesitan ayuda para acelerar el desarrollo de sus sistemas. La importancia de las finanzas públicas y de las políticas del gobierno ha sido minimizada por la insistencia de los donantes en involucrar al sector privado. También se ha visto socavada por los ataques a la corrupción mal planteados como un problema cultural específico de los países en

desarrollo, centrando la cuestión de la asequibilidad en las ayudas globales y no en las finanzas públicas nacionales, y los argumentos de que los sistemas de agua y alcantarillado son fenómenos culturales del norte que resultan inapropiados y/o inasequibles en el sur global. La fórmula política del donante ha conducido a un desarrollo retardado e inadecuado de los sistemas de agua y saneamiento, con un gran coste para las personas en los países en desarrollo, pero sin coste alguno para los propios donantes. La defensa de enfoques del sector privado se enmarca aún dentro de los intereses de funcionarios públicos y políticos en los países donantes. Las políticas de agua y saneamiento deben sustentarse en las decisiones de los órganos nacionales y locales, no en análisis de donantes globales, en aras de una rendición de cuentas y una eficacia económica mejoradas.

## PALABRAS CLAVE:

Finanzas públicas, saneamiento, rendición de cuentas, corrupción, elección pública.

# GESTIÓN INTEGRADA DE LOS RECURSOS HÍDRICOS: BUENA GOBERNANZA PARA EL ABASTECIMIENTO DE LA POBLACIÓN Y LA PROTECCIÓN DEL RECURSO

Patricio Cabrera Haro

## RESUMEN:

Naciones Unidas, en sus Objetivos de Desarrollo del Milenio (ODM) y la Agenda 21, el Foro Mundial del Agua y otros espacios planetarios han fijado objetivos de incremento de acceso al agua, de gestión del recurso y de participación ciudadana. Las metas propuestas tienen retrasos, sin embargo, no se debe dejar de lado iniciativas locales que generen prácticas de desarrollo sostenible y manejo eficiente de los recursos naturales.

El trabajo sobre gobernanza del agua en estos contextos promueve que estos principios se cumplan y, con ello, los beneficios se extiendan hacia las personas y los recursos naturales. La negociación es la base de los acuerdos a diferentes escalas que promueven la gestión adecuada del agua. Una Gestión Integrada de los Recursos Hídricos (GIRH)

sin un enfoque de negociación, promovería una serie de competencias y normas legales que posiblemente no funcionen pues estos elementos no trabajan las necesidades, relaciones y conflictos de los actores involucrados.

Es en base a una Gestión Integrada y Negociada de los Recursos Hídricos (GINRH), que se pueden sentar las bases para una mejor distribución del agua entre la población y la conservación de las fuentes.

## PALABRAS CLAVE:

Gobernanza, negociación, participación, conservación, distribución, conflictos socioambientales, cambio social.

# INTEGRACIÓN DE LA PERSPECTIVA DE GÉNERO EN LAS POLÍTICAS, EMPODERAMIENTO Y ACCESO AL AGUA

Christine Verheijden

## RESUMEN:

El agua es un elemento esencial para la vida; afecta a nuestras vidas globalmente y está arraigado en nuestra cultura. El acceso a agua segura y en cantidad suficiente es un derecho humano universal, pero en gran parte del mundo este derecho aún no está garantizado. Muchas personas, sobre todo las más pobres, no tienen acceso a este recurso, por lo que se les priva de una vida saludable, seguridad alimentaria y bienestar económico.

Todos nosotros utilizamos el agua, pero los distintos usuarios tienen diversos intereses y obtienen diferentes beneficios con respecto a la disponibilidad, el aprovechamiento y la gestión del agua. Esto depende del sexo, la edad, el nivel socioeconómico, la etnia, la religión, etc. Las mujeres son las principales usuarias del agua, como gestoras del hogar, cuidadoras de la familia y agricultoras. Con todo, sus responsabilidades, intereses y contribuciones cruciales al sector hídrico apenas se reconocen, y mucho menos son tenidos en cuenta por los profesionales del agua predominantemente varones cuando planifican e implementan los proyectos hídricos.

Los datos de todo el mundo demuestran que la gestión de los recursos hídricos es más sostenible, efectiva, eficiente y equitativa cuando las dimensiones de género se tienen en cuenta en el proceso de consulta así como en la gestión y la implantación de servicios relativos al agua. Todo esto conduce a una reducción de la pobreza y a una menor incidencia de las enfermedades transmitidas por el agua.

La conferencia incluye una explicación de conceptos de género y de empoderamiento junto con ejemplos de lecciones aprendidas y buenas prácticas respecto a la integración de la perspectiva de género en las políticas del sector del agua.

## PALABRAS CLAVE:

Género, empoderamiento, agua y producción alimentaria, higiene y saneamiento, agua para la naturaleza.

# ACCESO AL AGUA EN LOS CAMPAMENTOS DE REFUGIADOS/AS SAHARAUIS

Zahra R. Ahmed

## RESUMEN:

El rol de las mujeres saharauis en el abastecimiento del agua en los campamentos de refugiados saharauis ha sido fundamental. Pero para analizar la experiencia de las mujeres saharauis en el acceso de tan importante necesidad en ésta zona del desierto hay que presentar primeramente una sinopsis histórica del conflicto impuesto al pacífico pueblo del Sáhara Occidental, pues si no comprendemos las raíces de la problemática, nadie entendería por qué siguen existiendo los Campamentos de Refugiados Saharauis. En este marco entendemos las condiciones en las que parte del pueblo saharauí tiene acceso al agua, con todas las restricciones que se producen en su disponibilidad, utilización y consumo. La necesidad

de abastecimiento a través de pozos y camiones cisterna y la construcción de plantas potabilizadoras. O la problemática específica que emana de las condiciones extremas de los campamentos y que repercuten sobre la salud y calidad de vida de las personas en general y en concreto sobre las condiciones de vida de las mujeres, encargadas de transportar el agua.

## PALABRAS CLAVE:

Pozos, camiones cisternas, salud, plantas potabilizadoras, accesibilidad y condiciones para las mujeres, Sáhara, campamentos de refugiados/as.

# LOS MEDIOS DE COMUNICACIÓN Y LA NUEVA CULTURA DEL AGUA

Joan Busquet

## RESUMEN:

La falta de agua y la amenaza de la sequía han puesto de relieve la creciente atención de los medios de comunicación por los problemas medioambientales, pero también han mostrado las dificultades de los periodistas por transmitir a los ciudadanos conocimientos complejos y por facilitarles instrumentos para interpretar de forma crítica informaciones a menudo parciales, confusas, tramposas, interesadas y partidistas. La ponencia parte del análisis del tratamiento que la prensa española ha dado a la amenaza de restricciones en el área de Barcelona, aboga por una información

permanente sobre la sequía y sus efectos --que incluya aspectos relativos a la calidad de las aguas y a la protección de los ecosistemas-- y subraya la necesidad de que los medios contribuyan, con rigor, independencia y respeto al pluralismo, a fomentar la conciencia ecológica de la sociedad.

## PALABRAS CLAVE:

Sequía, medios de comunicación, conciencia ecológica.

# EL AGUA Y LA SALUD EN LA WEB

Alejandro Maceira Rozados

## RESUMEN:

La información sobre el agua ha estado tradicionalmente en manos de los Estados y las Organizaciones Internacionales. La llegada de Internet ha provocado un impacto profundo en el acceso a la información sobre el agua, democratizándola y permitiendo que cualquier ciudadano pueda tener una actitud activa.

En la ponencia se describen las principales fuentes de información sobre el agua en la red a nivel español, europeo y mundial.

En el futuro, la evolución de Internet hacia modelos más interactivos cambiará completamente el modo en que se genera y comparte esta in-

formación. Nuevas herramientas, como los blogs, Wikipedia o las Redes Sociales, ayudan a poner en común conocimientos, integrar comunidades y cooperar en la mejora de las políticas.

## PALABRAS CLAVE:

Agua, Internet, información, comunicación, participación.

# SISTEMAS DE INFORMACIÓN DE AGUA E IMPLICACIONES EN SALUD PÚBLICA

María Victoria Cañada Guallar

## RESUMEN:

Con la entrada en vigor del Real Decreto 140/2003, por el que se establecen los criterios sanitarios de la calidad del agua de consumo humano, la provincia de Teruel se enfrenta al reto de implantarlo desde su realidad demográfica, con una densidad de población de las más bajas de Europa: 9,24 habitantes/Km<sup>2</sup>.

La complejidad de la gestión que la Administración solicita a los pequeños ayuntamientos supera ampliamente los servicios que tienen en ese momento. Por otra parte, los ciudadanos, altamente sensibilizados, demandan que se haga efectivo el derecho a la información y al acceso al agua potable.

La Diputación Provincial de Teruel decidió prestar apoyo a los municipios creando una empresa de capital mixto dedicada a gestionar los abastecimientos.

El reto solamente podría afrontarse desde la coordinación con los municipios, las empresas gestoras y los servicios de vigilancia y control del Gobierno de Aragón. Se conformó una Comisión de Implantación del Real Decreto 140/2003, desde donde se vienen fijando objetivos, se evalúan los mismos y se comparte información.

El reto ha sido alcanzado con satisfacción, y con fecha de 1 de enero de 2008 se puede comprobar que la implantación del Real Decreto 140/2003 en la provincia de Teruel es altamente satisfactoria.

## PALABRAS CLAVE:

Baja densidad de población, gestión de abastecimientos de agua, sistemas de información de abastecimientos, transparencia, coordinación.

# LOS SISTEMAS DE INFORMACIÓN EN LA TOMA DE DECISIONES EN GESTIÓN DE AGUAS

Andrés C. Caballero Quintana

## RESUMEN:

El agua esta en el primer plano de la agenda política y de la ciudadanía en todo el planeta. Su escasez y su carácter imprescindible la hacen un recurso muy valioso. Garantizar un suministro de abastecimiento y saneamiento de calidad, sostenible, eficiente, eficaz y equitativo es uno de los retos estratégicos más importantes para todos los gobiernos. Para ello resulta imprescindible disponer de un modelo de gestión del agua que, partiendo de las premisas de la transparencia y la participación, se valga de sistemas de información que faciliten el proceso de toma de decisiones en la gestión del agua.

En este sentido, los últimos avances han sido considerables pues, más allá de los notables soportes técnicos y matemáticos surgidos, se está produciendo un cambio de enfoque en los sistemas de información que, motivado por la irrup-

ción de políticas medioambientales y movimientos sociales, esta transformando la 'tradicional' visión de aquellos. Dicho cambio se caracteriza por la evolución desde una perspectiva estrictamente técnica a otra en las que se consideran factores ligados a las ciencias sociales y a la sostenibilidad. Innovaciones que, junto a la descripción de los principales modelos de sistemas de información en aguas, se tratarán aquí resumidamente.

## PALABRAS CLAVE:

Sistemas de información, toma de decisiones, participación, transparencia, sostenibilidad.

# EVALUACIÓN DEL IMPACTO EN LA SALUD APLICADA A POLÍTICAS DE AGUA

José Ramón Rueda Martínez de Santos

## RESUMEN:

La salud individual y colectiva es el resultado de la interacción de múltiples factores, entre otros: alimentación, agua y saneamiento, condiciones laborales y medioambientales, acceso a servicios sanitarios efectivos, educación, los modos de vida, las desigualdades sociales, o los factores genéticos.

La Evaluación de Impacto Ambiental es un proceso obligatorio solo para determinados proyectos, que además analiza de manera muy limitada su posible impacto en las personas, básicamente si se adecua a los niveles legales permitidos de ruido y contaminación, ignorando cualquier otro impacto relevante en otros determinantes de la salud y el bienestar.

Por su parte, la Evaluación del Impacto en la Salud es una combinación de procedimientos, métodos y herramientas con los que puede ser

juzgada cualquier política, programa o proyecto, en relación a todos sus potenciales efectos en la salud y el bienestar de la población y en sus determinantes; que presta además especial atención a analizar la distribución de esos efectos entre diferentes grupos de la sociedad.

Se presentan en la ponencia la filosofía general y la metodología de la Evaluación del Impacto en la Salud y ejemplos concretos de aplicación de la misma a proyectos o políticas relacionadas con el agua.

## PALABRAS CLAVE:

Determinantes sociales de la salud y el bienestar, evaluación del impacto en la salud, políticas y proyectos sobre el agua.

# AGUA PARA LA VIDA, LA SALUD Y LA SOSTENIBILIDAD: UN ENFOQUE DE ECOSISTEMAS PARA REINTEGRAR LA GESTIÓN DE RECURSOS HÍDRICOS CON LOS FACTORES DETERMINANTES DE LA SALUD

Margot Parkes, Karen Morrison, Martin Bunch y Henry Venema

## RESUMEN:

La relación entre gestión de recursos hídricos y factores determinantes de la salud “aguas arriba” se está configurando como una nueva cartera de investigaciones, políticas y prácticas. Este avance se debe a la creciente atención a la gestión de los ecosistemas en el contexto de las cuencas de captación (también conocidas como cuencas de drenaje o cuencas hidrográficas) y al potencial beneficio para todos de las estrategias integradas que mejoran tanto la salud como la sostenibilidad en estos ambientes. La gestión sostenible y equitativa de las cuencas hidrográficas puede entenderse como un motor aguas arriba de los factores determinantes de la salud, que influye en los medios de subsistencia y la pobreza, los valores culturales, la seguridad alimentaria y los estilos de vida, así como la prestación de servicios e infraestructuras básicas relacionados con el agua. Utilizando un marco integrado y los conceptos clave de “sistemas vivos”, “medios de subsistencia” y “vínculos” entre

ecosistemas y equidad, esta conferencia aborda la gestión integrada de cuencas como base de un enfoque de ecosistemas que fomenta el agua para la vida, la salud y la sostenibilidad. Estos conceptos se analizarán en el contexto de un proyecto comunitario de salud de cuencas de captación en Nueva Zelanda, haciendo alusión a iniciativas en Hawái, Ecuador, Canadá y Filipinas. Se discutirán las implicaciones en relación con el fomento de capacidades para la gobernanza, la investigación y la educación que valoran la gestión de cuencas de captación como una iniciativa de colaboración intersectorial con beneficios interrelacionados para la salud, los ecosistemas y la sociedad.

## PALABRAS CLAVE:

Factores determinantes de la salud, gestión de recursos hídricos, cuenca de captación, ecosistemas, equidad, gobernanza.

# PROMOCIÓN DEL SANEAMIENTO Y LA HIGIENE EN HOGARES RURALES: LECCIONES DE LA REGIÓN DE LAS NACIONES DEL SUR EN ETIOPÍA

Peter Newborne y Jo Smet

## RESUMEN:

A pesar de los bajos niveles de los servicios de saneamiento y la higiene insuficiente en África, resulta complicado incluir debidamente los temas de Saneamiento e Higiene (S+H) en las agendas políticas.

La política S+H del gobierno de la región de las Naciones del Sur (SNNPR) en Etiopía aplicada desde 2003, que inicialmente captó la atención internacional gracias al Programa Agua y Saneamiento (PAS), ha sido estudiada por un proyecto de investigación y aprendizaje financiado por DFID, el programa "RIPPLE", que analiza cómo se logró el éxito y cuál fue su envergadura.

Se estudió la construcción y el uso de letrinas, el lavado de manos y el almacenamiento/manipulación de agua en los hogares, con métodos cuantitativos y cualitativos, en seis localidades de dos distritos. El proyecto analizó además el proceso político e institucional.

En ambos distritos, los resultados demuestran un crecimiento notable en el número de letrinas domésticas en los últimos años. Surgen algunas preguntas en lo relativo a la sostenibilidad técnica de esta oleada de construcción de letrinas. Las observaciones sugieren que las prácticas de lavado de manos y el almacenamiento/manipulación del agua continúan siendo insuficientes.

La combinación de promoción de políticas y movilización institucional tuvo éxito para lanzar y poner en marcha la política S+H como un "movimiento". S+H se integró en un paquete básico de salud comunitaria, diseñado para resultar políticamente atractivo, y financiera y administrativamente factible. Se redactaron documentos de "puesta en marcha" con una marcada orientación divulgativa, para motivar a políticos y funcionarios locales, junto con una documentación (técnica) más convencional.

Esta experiencia ofrece, en principio, lecciones para otros países sobre el modo de superar los obstáculos políticos e institucionales al fomento de estrategias S+H y dar mayor preponderancia a los hábitos de higiene.

## PALABRAS CLAVE:

Liderazgo político, documentos de "puesta en marcha", instituciones movilizadoras, captación de ayudas de donantes, sostenibilidad.

Semana Temática 3

# AGUA PARA LA VIDA

[ Ríos y sostenibilidad ]



# Documento de síntesis<sup>7</sup>

Coordinadora: **Marta González del Tánago**  
E.T.S. Ingenieros de Montes, Universidad Politécnica de Madrid

## 1. INTRODUCCIÓN

### 1.1. IMPORTANCIA DE LOS RÍOS

Los ríos son los principales sistemas naturales de drenaje de la corteza terrestre, y por ellos circulan las aguas de escorrentías excedentes generadas a partir de las precipitaciones, así como una gran cantidad de sedimentos y de nutrientes que se generan en su cuenca vertiente. Siendo receptores de gran cantidad de materia y energía, los ríos son a su vez los agentes que más influyen en la topografía y geomorfología de nuestro planeta, ejerciendo un papel muy activo en la remodelación de los valles y llanuras de inundación en su sentido longitudinal y transversal, y los que determinan en gran medida el grado de humedad y fertilidad de sus suelos, la heterogeneidad de sus condiciones físicas, y la belleza y amenidad del paisaje.

En el interior de los ríos habitan numerosas comunidades biológicas que se suceden desde las partes más altas hacia las más bajas, y desde el centro de la corriente hacia sus márgenes laterales, y en sus orillas y riberas se organizan gradientes ecológicos muy diversos que posibilitan el desarrollo de numerosas especies características o asociadas a la presencia del agua, constituyendo así ecosistemas de una elevada diversidad y complejidad de su flora y su fauna.

Desde el punto de vista geográfico, los ríos configuran corredores naturales de capital importancia en el funcionamiento hidrológico y ecológico del territorio, y debido a la energía del agua en movimiento y al efecto renovador del hábitat de las crecidas e inundaciones, son sistemas naturales muy dinámicos, con una elevada capacidad de recuperación frente a las perturbaciones de los agentes que les modelan, disponiendo de numerosos mecanismos para la regeneración natural de su flora y su fauna.

Por otra parte, los ríos han sido históricamente uno de los elementos naturales más importantes para el desarrollo de las poblaciones humanas, las cuales han obtenido en ellos gran cantidad de recursos naturales vitales para su existencia (agua, peces como alimento, madera para su vivienda, etc.) y para su crecimiento económico (navegación, producción de energía, regadío, etc.).

Una proporción muy elevada de ciudades y pueblos, así como de corredores industriales y ejes de comunicación, deben su ubicación e historia de crecimiento y desarrollo a la presencia de un río, y también son numerosos los ejemplos de los ríos actuando de barreras o límites entre países o siendo origen de guerras y conflictos, representando en la actualidad un potencial de desarrollo económico y social de gran magnitud, ofreciendo innumerables recursos naturales en bienes y servicios, y como elementos privilegiados para la amenidad y el recreo.

<sup>7</sup> Documento elaborado a partir de las comunicaciones escritas, las presentaciones orales, las discusiones a lo largo de la celebración de las sesiones y el destilado de las mismas preparado por los moderadores, relatores y coordinador con el soporte del equipo de Tribuna del Agua.

## 1.2. DETERIORO AMBIENTAL Y USO SOSTENIBLE

Según ha ido avanzando el crecimiento de las poblaciones y el de las industrias y actividades económicas, el estado ecológico de los ríos se ha ido deteriorando de una manera progresiva, hasta llegar a la etapa actual en la cual la mayoría de los ríos presentan un estado ecológico muy pobre, habiendo perdido gran parte de su dinámica, diversidad biológica, valores ambientales y belleza de paisaje.

En una primera etapa del desarrollo económico, este deterioro ambiental ha afectado en mayor medida a la calidad de las aguas (la contaminación como signo externo de crecimiento urbano y desarrollo industrial, indicando “progreso”); y posteriormente ha afectado a la naturalidad de los caudales circulantes (la regulación de los ríos con embalses y trasvases para aumentar la oferta de agua y su disponibilidad de uso) y al hábitat físico (la canalización como procedimiento para controlar la dinámica fluvial y aprovechar de forma más intensiva la llanura de inundación), afectando en ocasiones de forma dramática a la composición y estructura de las poblaciones de flora y fauna y a las dimensiones de su hábitat.

En una fase más reciente, y como consecuencia de los impactos anteriormente comentados, el deterioro ambiental se ha traducido en la degradación progresiva y en algunos casos irreversible de las comunidades biológicas, al producirse la extinción de muchos endemismos de requerimientos ecológicos particulares, la disminución significativa de las poblaciones de muchas especies nativas y la proliferación de especies invasoras exóticas. Muchas de estas especies están causando graves daños no solo ecológicos sino también económicos, como sucede con el jacinto de agua o el mejillón cebra que están proliferando en numerosos ríos españoles.

La situación actual puede seguir deteriorándose en todos los ríos si no se toman medidas urgentes

para controlar los procesos mencionados de contaminación de las aguas, degradación del hábitat e invasión de especies exóticas, ligados a un excesivo aprovechamiento de los recursos naturales que ofrecen los ríos, donde el agua es indudablemente el de mayor importancia, pero también cobran cada vez mayor valor y demanda social el espacio fluvial, con un relieve muy favorable para la urbanización y trazado de vías de transporte, los sedimentos y gravas para las edificaciones, o la pesca para las actividades deportivas cada vez de mayor rentabilidad.

Para detener esta tendencia en el deterioro comentado de los ríos es necesario que aumente la sensibilidad ambiental y el grado de percepción de los problemas por parte de los gestores del agua y de las administraciones o personas responsables de las políticas de desarrollo y ordenación del territorio, así como el grado de complicidad y colaboración de los principales usuarios de los recursos fluviales y agentes sociales implicados, y el de participación pública en los temas relacionados con la gestión y restauración de los ríos y con la conservación del medio natural.

No se trata de detener el crecimiento o desarrollo económico de los pueblos, de que prevalezcan las leyes de la naturaleza sobre el bienestar de las poblaciones humanas, sino de revisar las pautas seguidas hasta la fecha en numerosos países desarrollados o en vías de desarrollo en la gestión de los ríos y sus recursos, analizando en profundidad lo que el hombre ha perdido en valores ambientales y potencial natural con la degradación de su entorno. En este sentido es interesante resaltar que, recientemente, un estudio del Banco Mundial ha puesto en duda los tradicionales criterios sobre el crecimiento económico, elaborando un nuevo parámetro relacionado con el uso de la Naturaleza, considerando que dicho uso debe descontarse de la propia riqueza económica, al representar un empobrecimiento del “capital natural” de cada región.

Desde el ámbito de la “sostenibilidad”, como idea básica de equidad inter-generacional, y con

la intención de hacer aplicable dicha idea a la gestión de los ríos en toda su extensión, se trata de diseñar unos procedimientos en las formas de actuación y aprovechamiento de los ríos más acordes y compatibles con la conservación de los procesos naturales, con el mantenimiento de las peculiaridades del hábitat de cada zona y de sus especies nativas, y que respeten en mayor medida el paisaje creado por los corredores fluviales a través del tiempo y la evolución ecológica, con el fin de que perduren y sean transferidos a las generaciones venideras.

El concepto de sostenibilidad y la reivindicación del uso sostenible de los ríos se proponen desde el convencimiento de que no heredamos los sistemas naturales para nuestro beneficio exclusivo como propietarios últimos, sino como usufructuarios de una propiedad que es de todos, y cuyos activos deben perdurar y transmitirse de unas generaciones a otras, sin que disminuya su valor y potencial para el beneficio de la especie humana.

### 1.3. LA RESTAURACIÓN ECOLÓGICA COMO ALTERNATIVA

Una mayor cultura y sensibilidad hacia la naturaleza, unida a un progresivo crecimiento y desarrollo de las poblaciones humanas, con mayores recursos sobre todo en determinados países, deben propiciar el fomento de una responsabilidad moral de reparar el daño causado a los ecosistemas naturales, y crear la necesidad de invertir recursos y esfuerzos en la recuperación de la calidad de las aguas, la dinámica y heterogeneidad de los cauces, la variabilidad y energía del régimen natural de caudales, la composición y diversidad de las comunidades biológicas, etc.

Nuestra época debe diferenciarse de las anteriores en este cambio de paradigma en el diálogo con la naturaleza, pasando de la explotación de los ríos a su restauración ecológica, con un fin úl-

timo de recuperar o aumentar la resiliencia de los ecosistemas fluviales o su capacidad natural para recuperarse por sí mismos de las perturbaciones naturales o creadas por el hombre, interpretando esta resiliencia como un buen indicador de su integridad y salud ambiental.

En la actualidad existen numerosos países que cuentan con una creciente experiencia en la restauración de los ríos o en la rehabilitación de tramos urbanos o con mayor nivel de degradación geomorfológica o biológica, y también existen hoy día numerosas legislaciones y normativas que contribuyen a este proceso de restauración ecológica, como es el caso de la Directiva Europea Marco del Agua, que fomenta la mejora de los ecosistemas fluviales en los países comunitarios, y sirve de estímulo y ejemplo a muchos otros países restantes.

En este proceso de recuperación ambiental y restauración ecológica se considera muy importante la formación y educación, la pedagogía ambiental a todos los niveles administrativos y políticos, y la participación pública incluyendo la colaboración de los principales usuarios o beneficiarios de los recursos fluviales. Asimismo se considera indispensable la diseminación de ideas y conceptos, el intercambio de experiencias, y la organización de foros de debate donde se expongan ideas y creencias, valores y prioridades, y principios éticos de solidaridad, equidad y justicia ambiental.

## 2. LA PROBLEMÁTICA DE LOS RÍOS A ESCALA GLOBAL

Son muy diferentes las características naturales de los ríos de unos países a otros, atendiendo a su distinta climatología, relieve, geología, etc., y también son muy diferentes las formas de vida de los pueblos, su alimentación y costumbres, su grado de desarrollo, su cultura, etc.

Debido a ello, también son muy distintos los niveles de degradación de los ríos y las consecuencias de su deterioro de unas regiones y otras, siendo al mismo tiempo muy diferentes el grado de formación social para afrontarlos y la disponibilidad de recursos económicos y tecnología para la mitigación de los efectos del deterioro.

No obstante, las causas o el origen de los problemas de los ríos son muy similares de unos países a otros, estando los problemas causados por las mismas presiones o actividades humanas, si bien con distinta intensidad en sus impactos y en sus efectos sobre el ecosistema fluvial.

La agricultura es quizás la actividad que mayor repercusión tiene en los ríos a escala global, a través de su demanda de agua para regadío. Para este fin se han construido en numerosas regiones un número ingente de grandes presas (en España existen más de 1.200 distribuidas por toda la red fluvial) para almacenar agua en embalses que atenúen la irregularidad temporal de las precipitaciones, y también se han realizado importantes sistemas de trasvases para paliar el desequilibrio regional de los recursos hídricos, teniendo en cuenta que la mayor rentabilidad agrícola se da con frecuencia en las zonas más cálidas, en general más secas.

Esta intensa regulación de los ríos, considerada como el principal foco de degradación ambiental de los ríos a escala global, ha modificado por completo el régimen natural de caudales, la frecuencia de avenidas y estiajes, su sincronización con el régimen de precipitaciones y temperaturas de cada zona, y todo ello ha supuesto una transformación profunda del hábitat fluvial unida a la de sus comunidades biológicas.

La agricultura también ha fomentado la sobreexplotación de los acuíferos, en los casos de atención de la demanda del regadío con agua subterránea, y también ha propiciado el drenaje de muchas zonas húmedas, teniendo de esta manera

un impacto en el funcionamiento hidrológico de muchas regiones, con una repercusión en ocasiones muy significativa disminuyendo el tamaño e importancia de lagos y lagunas interiores, aumentando el grado de salinización de los suelos, el estiaje de los ríos permanentes, el carácter temporal de los intermitentes, etc.

Finalmente, la agricultura ha propiciado la pérdida de grandes extensiones de bosques aluviales al ocupar gran parte de las llanuras de inundación de los ríos, donde los suelos son más fértiles y húmedos, y es el origen de la contaminación difusa por fertilizantes, herbicidas, insecticidas, etc. que afecta a una gran parte de la red fluvial a escala mundial.

La urbanización es otra de las presiones más importantes sobre los ríos, siendo en este caso su mayor impacto el de la contaminación por vertidos urbanos y el de la canalización de los cursos fluviales tratando de evitar las inundaciones sobre las zonas urbanizadas.

El desmesurado crecimiento de las ciudades que se ha producido en los últimos 50 años en todo el mundo ha agravado el problema de la contaminación urbana, especialmente en las zonas económicamente menos favorecidas, llegando a repercutir no solamente en el funcionamiento ecológico de los ríos sino también en la salud y bienestar de las poblaciones ribereñas.

Asimismo la urbanización de las llanuras de inundación, construyendo no sólo núcleos urbanos sino industrias, infraestructuras de transporte, facilidades para el recreo, etc., ha propiciado el sellado del suelo en las zonas más permeables y de mayor interés para la recarga de acuíferos y la retención de agua durante las avenidas, empobreciendo de esta forma el potencial de recarga natural de los acuíferos, y disminuido la capacidad de laminación natural de las crecidas aumentando con ello el riesgo hidrológico de las inundaciones.

Por otra parte, el crecimiento urbano ha tenido lugar en muchos casos en las regiones de clima más benigno, generalmente con menor precipitación y mayor temperatura, lo que ha aumentado el desequilibrio entre la demanda de agua y su disponibilidad natural, obligando a la construcción de nuevos sistemas de regulación de caudales y trasvases intensificando el nivel de presión a que se ven sometidos las distintas masas de agua.

Comparando los niveles de deterioro que origina la agricultura en los ríos con los que produce la urbanización, hay que resaltar que en el primer caso pueden ser más extensivos pero en general son menos intensos, y que el potencial de regeneración del sistema fluvial frente a los cultivos agrícolas es en la mayoría de los casos mucho mayor que en el caso de los espacios urbanizados. En estos últimos, la remoción de las edificaciones e infraestructuras necesaria para recuperar la dinámica fluvial puede ser mucho más costosa o resultar inviable en la práctica, así como la regeneración del subsuelo urbanizado, mientras que en el caso del uso agrícola puede ser teóricamente más sencilla la restauración de los espacios inundables, la recuperación del hábitat y la regeneración de la vegetación riparia natural.

La producción de energía hidroeléctrica está muy extendida en numerosos países, y supone también una presión de gran importancia en los ríos, alterando su régimen natural de caudales, creando barreras para la migración y dispersión de muchas especies, impidiendo el transporte de sedimentos y el equilibrio geomorfológico de los cauces, etc.

La navegación fluvial tiene una gran importancia en muchos países, y para su fomento y mantenimiento ha sido necesario inicialmente proceder a la canalización y dragado de una longitud muy considerable de ríos, afectando en mayor medida a los de mayor tamaño e importancia como ejes de transporte comercial. Ello ha determinado la pérdida de la dinámica fluvial y la disminución de la heterogeneidad del hábitat de orilla, de la diver-

sidad de especies asociadas a las riberas y llanuras de inundación, etc., requiriendo periódicamente trabajos de estabilización de los taludes laterales y dragados del lecho que impiden la recuperación ecológica del ecosistema fluvial.

Por último, la extracción de gravas para la construcción, y la remoción del lecho de los ríos para la extracción de metales, suponen también actividades que deterioran los ríos modificando la estabilidad y características del hábitat, los flujos subsuperficiales y subterráneos, la integridad del medio hiporreico, etc., destruyendo en gran medida esta dimensión vertical de los sistemas fluviales que es indispensable para el mantenimiento de su diversidad biológica.

Desafortunadamente, el crecimiento y desarrollo económico de los países ha ido unido al deterioro ambiental de sus ríos y su entorno. Los problemas ambientales se han acrecentado y hecho más extensivos en los países europeos con el desarrollismo agrícola e industrial posterior a la Segunda Guerra Mundial, y se están extendiendo y agravando en los países de otras regiones con fuerte desarrollo, según aumenta su renta per capita y su acceso al consumo de agua y energía.

Como ya se ha comentado con anterioridad, en el contexto de la "sostenibilidad", y en la propuesta del uso sostenible de los ríos y sus recursos naturales, se trata de revisar el modelo de desarrollo seguido hasta la fecha por los países más avanzados, donde se ha llegado a un grado de deterioro ambiental y artificialización del paisaje muy elevado, y de proponer en estos países otras pautas y enfoques que puedan disminuir las presiones sobre los ríos y mitigar los efectos ya producidos, así como servir de ejemplo a muchos otras regiones que todavía pueden evitar el deterioro de su entorno al nivel que lo han hecho los anteriores.

### 3. DIFERENCIAS EN LA PERCEPCIÓN DE LOS PROBLEMAS Y EN LAS PRIORIDADES

Es evidente que aunque las presiones y los impactos sobre los ríos sean muy similares de unos países a otros, la intensidad de los mismos y sus efectos difieren según los tipos de ríos en que se aplican, atendiendo a sus características geográficas, hidrológicas y ecológicas.

A modo de ejemplo, en los ríos más caudalosos y de mayor tamaño, y debido a su mayor capacidad de dilución, el efecto de los vertidos es relativamente menor que en los ríos más pequeños de zonas áridas o semiáridas, donde en ocasiones un porcentaje muy elevado o la totalidad de las aguas que circulan por el cauce corresponden a vertidos de aguas residuales. Pero en los ríos de mayores dimensiones el impacto de las infraestructuras de regulación de los caudales pueden tener unos efectos mucho más dramáticos que en los ríos pequeños, afectando a un porcentaje de red fluvial mucho mayor y a la hidrología y ecología de regiones de un orden de magnitud muy superior.

Pero lo que quizás tiene mayor importancia de resaltar es la variabilidad en la percepción de los problemas de los ríos atendiendo al grado de desarrollo de los países y a la disponibilidad de recursos hídricos, que determina las diferencias de prioridades en la gestión y utilización de los ríos, y en su conservación.

Gran parte de los países europeos y de América del Norte gozan hoy día de un elevado bienestar económico y social, y la percepción de los problemas de los ríos se enfoca sobre todo a temas ambientales y de conservación de especies, teniendo en general cubiertas las necesidades de agua para suministro doméstico, alimento, energía para el transporte y la industria, espacio para el recreo, etc. En estos países existe con frecuencia una sensibilidad y educación ambiental de la sociedad relativamente elevada, un grado de conocimiento y percepción de los problemas ambientales tam-

bién relativamente amplio, y una conciencia de la necesidad de conservar la naturaleza y de emplear esfuerzos y recursos económicos en restauración y conservación de los sistemas naturales bastante acusada. Las líneas prioritarias de actuación en este sentido se centran en la protección del hábitat y la recuperación de especies a través de la restauración y conservación de los ecosistemas, y con frecuencia existen cuantiosas ayudas y una legislación y unas normativas que contribuyen notablemente al logro de estos objetivos, siendo un ejemplo de ello la aprobación e implementación en Europa de la reciente Directiva Marco del Agua.

En otras regiones del mundo menos desarrolladas, y sobre todo en las regiones más secas y donde son más escasos los recursos hídricos, la percepción de los problemas de los ríos puede ser muy diferente. En estos casos, con frecuencia resulta prioritario aumentar las disponibilidades de agua para la vida y la supervivencia de la agricultura a través de nuevas infraestructuras de regulación de caudales y canalización de cauces, relegando la preocupación por los efectos ambientales de tales infraestructuras a un segundo lugar, debiendo resolver o mitigar con mayor urgencia los efectos de la contaminación urbana en ambientes de elevada densidad, pobreza, falta de recursos y tecnología para la instalación y mantenimiento de depuradoras, teniendo a menudo problemas de salubridad por parásitos o enfermedades endémicas, etc.

En este sentido, y nuevamente atendiendo al concepto de sostenibilidad expuesto anteriormente, es necesario preguntarse hasta qué punto la restauración y conservación de los ríos es prioritaria a escala global, y es posible llevarla a cabo en los países menos desarrollados o con menores recursos económicos. Y reflexionar acerca de si es ineludible atravesar por una etapa de mayor contaminación y degradación ambiental para lograr el desarrollo económico y posteriormente tener mayores recursos para ser utilizados en restauración ecológica, o si se puede eludir el deterioro ambiental en el proceso de desarrollo y de aumento de calidad de vida y bienestar social.

Volviendo nuevamente a los nuevos conceptos introducidos por estudios del Banco Mundial, será necesario elaborar nuevos criterios ambientales en la estimación de la riqueza de los respectivos países, y descontar de la propia riqueza económica lograda el uso que han hecho de su territorio y de sus sistemas y recursos naturales, provocando la disminución de su integridad ecológica y la correspondiente pérdida de su patrimonial natural.

También será necesario evaluar hasta qué punto el deterioro ambiental y estético del entorno que nos rodea, tan frecuente en las ciudades y extremado en los barrios más desfavorecidos, así como la pérdida de un contacto frecuente con paisajes naturales, está generando estrés, violencia, marginación, etc., y valorar cuál puede ser el beneficio potencial de la restauración ecológica, en términos económicos y psicológicos, para la mejora de la convivencia en núcleos urbanos de fuerte densidad demográfica y el aumento del bienestar social.

#### 4. INTERCAMBIO DE EXPERIENCIAS. QUÉ PODEMOS APRENDER DEL PASADO Y PROPONER EN EL FUTURO

La jornada temática organizada el 3 de julio de 2008 por la Tribuna del Agua de la Exposición Internacional de Zaragoza, trató de analizar globalmente los problemas de los ríos comentados en los apartados anteriores, aportando ejemplos de problemas y experiencias de gestión y restauración de los ríos en países muy diferentes, con distintas percepciones y prioridades.

En primer lugar se resaltó la necesidad de restaurar los ríos atendiendo a los principios de sostenibilidad y justicia ambiental ya comentados, derivados de un deterioro y empobrecimiento de los ecosistemas fluviales muy elevado en muchas regiones, consecuencia de una sobreexplotación de los recursos naturales y una extenuación del

capital natural, y de un compromiso y responsabilidad con las generaciones venideras como futuros usuarios del planeta.

En segundo lugar se mostraron las diferentes perspectivas de los problemas asociados a los ríos, de índole geomorfológica, hidrológica, biológica, etc., y las formas también distintas de gestión y manejo según los países y regiones geográficas, haciendo intervenir aspectos sociales, culturales y económicos, y de participación pública.

Por último, se debatieron las alternativas existentes para la restauración de los ríos en los diferentes países, atendiendo a sus características geográficas y nivel de desarrollo, y valorar opciones y proyectos llevados a cabo en zonas con diferente disponibilidad de recursos hídricos y distinto contexto social.

La jornada trató de crear un foro de discusión e intercambio de experiencias entre diferentes estamentos políticos, administrativos, técnicos, sociales, etc., así como de fomentar la interdisciplinariedad en el enfoque de los problemas y la propuesta de alternativas, aumentando la sensibilidad de los asistentes, y su convicción sobre las posibilidades de hacer un uso sostenible de los ríos que permita la mejora de la calidad de vida de las personas eludiendo el deterioro ambiental.

## CONCLUSIONES DEL DEBATE

El intercambio de experiencias entre diferentes técnicos y gestores del agua de distintos países, así como la participación de los asistentes a la Jornada mostrando su distinta percepción de los problemas y prioridades a considerar en los ríos, ha resultado muy enriquecedor y ha abierto nuevas perspectivas y alternativas para la gestión y mejora ambiental.

Los ríos tienen valores de connotaciones muy diversas, ofreciendo no sólo recursos naturales sino aspectos ambientales de gran importancia como patrimonio cultural y seña de identidad de muchos pueblos y sociedades. La conservación de su buen estado ecológico resulta necesaria para la supervivencia de muchas poblaciones indígenas, y para el bienestar de sociedades más evolucionadas.

La planificación del uso de los ríos debe establecerse buscando el consenso y la atención de los intereses de todos los sectores sociales afectados, abarcando todo el territorio de su cuenca vertiente.

Muchas de las actuaciones para el desarrollo agrícola o urbano contradicen la dinámica fluvial, y ello determina afecciones a los ríos en cadena, produciendo desequilibrios geomorfológicos, alteración de los caudales, contaminación de las aguas y empobrecimiento de las comunidades biológicas de cauces y riberas, así como la invasión de especies exóticas.

La prevención de nuevos deterioros, así como la mitigación de los impactos existentes disminuyendo la presión agrícola o urbanística sobre los ríos, resulta prioritaria a escala global, siendo necesario proceder a una política de restauración y conservación de los ecosistemas fluviales, potenciando normativas y legislaciones por las distintas administraciones que apoyen dicha política.

Las estrategias de gestión y conservación de los ríos deben establecerse de forma específica para cada corriente fluvial, según las peculiaridades hidrológicas y socioeconómicas de su cuenca vertiente. Los objetivos y procedimientos deben acordarse con participación ciudadana, teniendo en cuenta las diferentes percepciones y prioridades de cada región y país.

La ordenación del territorio y la conservación del paisaje, alcanzadas mediante la cooperación administrativa y participación social, son fundamentales para establecer una política de restauración de los ríos con éxito a medio y largo plazo.

La formación de equipos interdisciplinarios adecuados, la educación ambiental, el aumento de la confianza en las instituciones de gestión del agua, así como de la capacidad para el debate y la participación pública, son requisitos indispensables para lograr no sólo la mejora del estado ecológico de los ríos, sino también el uso sostenible de los recursos naturales que ofrecen.

Resulta necesario revisar los parámetros e indicadores de crecimiento y desarrollo económico de los países y sociedades considerados de forma tradicional, donde tienen una preponderancia las métricas de riqueza económica, e introducir nuevos parámetros de uso de la naturaleza, estado ecológico de los sistemas naturales, ocupación del territorio, etc., que reflejan el grado de empobrecimiento del capital natural de cada región y de pérdida de patrimonio del paisaje para las generaciones venideras.

## CONCLUSIONES Y PROPUESTAS

El valor ambiental de los ríos es muy diverso y significativo, tanto desde la óptica natural como desde la social. Para el ser humano se trata de sistemas naturales de primer orden, propiciando bienes y servicios que incluyen recursos naturales tan valiosos como el agua. Pero además, forman parte del patrimonio cultural y han sido y son una seña de identidad para muchos pueblos y sociedades a lo largo la historia. Los ríos son, además, fuente de beneficios económicos, sociales y culturales fundamentales para la salud y el bienestar de las sociedades asentadas en sus riberas.

► Para valorar y gestionar el uso sostenible de los ríos hay que escuchar y valorar las diversas percepciones, problemas y planteamientos que presenten los diferentes sectores sociales, buscando en lo posible el consenso entre los grupos de interés, pero sin que ello se convierta en obstáculo para actuar.

Las principales presiones sobre las corrientes fluviales provienen de la agricultura y la urbanización, actividades humanas que en mayor o menor medida generan la necesidad de controlar las crecidas y disminuir la dinámica fluvial. En ambos casos es prioritario incrementar la vigilancia y las labores de control de los impactos que generan dichas actividades sobre el funcionamiento de los ríos como ecosistemas.

► Es necesario impedir en lo posible la alteración de la morfología de los cauces de los ríos para intensificar la agricultura, o en los tramos urbanos o por motivo de las infraestructuras de ingeniería civil. Para ello es fundamental delimitar el espacio de movilidad fluvial necesario para preservar la dinámica de los ríos, y proceder a una ordenación del uso del suelo en las zonas inundables, gestionando el riesgo de las crecidas. Para ello es necesario contar con la participación de los agentes sociales implicados y de las administraciones locales, también necesaria para hacer un

uso más racional y sostenible de los recursos hídricos dentro de cada cuenca vertiente.

En ocasiones, la planificación de actividades económicas puede estar relativamente ajena a las necesidades que conlleva la dinámica fluvial, la cual es fundamental para la preservación del buen estado de salud del ecosistema fluvial.

► Por tales motivos, es fundamental considerar que la regulación de los caudales altera la dinámica fluvial proporcionando afecciones en cadena tanto aguas arriba como aguas abajo (por ejemplo, geomorfológicos, físicoquímicos, biota, etc.), y que las presas producen un efecto barrera que provoca cambios de un régimen fluvial a otro casi lagunar (embalses), teniendo una repercusión dramática en las especies migradoras.

► La valoración del estado ecológico de los ríos para su restauración debe tener en cuenta no sólo la alteración del régimen de caudales sino también la del régimen de sedimentos, alterado por las presas y el urbanismo, y con una repercusión a veces notable en la incisión y desequilibrio geomorfológico de los cauces.

► Las estrategias de gestión y conservación de los ríos deben establecerse de forma específica para cada corriente y tramo fluvial, según las peculiaridades hidrológicas y socioeconómicas de su cuenca vertiente. Los objetivos y procedimientos deben acordarse con participación ciudadana, teniendo en cuenta las diferentes percepciones y prioridades de cada región y país.

► Las acciones de protección y restauración de ríos en zonas rurales y urbanas requieren un trabajo interdisciplinar en lo técnico y en lo social, es decir, aplicar la regla de las tres pes: políticos, profesionales y público.

► Los principios de restauración de los ríos deben tender a generar un funcionamiento lo más natural posible, y dejar que sea la propia energía fluvial la que restaure y repare los daños producidos, una vez eliminados los impactos y causas de degradación. Ello implica procesos de recuperación de más larga duración, pero de mucha mayor estabilidad desde el punto de vista ecológico.

► Aunque las medidas de restauración sean aplicadas a escala de tramo fluvial, con resultados esperados a corto plazo, su diseño debe responder a un análisis a escala de cuenca vertiente, con una visión de la evolución del sistema fluvial a medio y largo plazo, habiendo hecho previamente una valoración de los efectos previstos y una comparación integrada de las distintas alternativas planteadas. La implementación de tales medidas debe realizarse con posterioridad a un proceso de negociación con los agentes sociales implicados.

► El contexto de las actuaciones debe estar respaldado por la voluntad política y la cooperación administrativa. La ordenación del territorio y la conservación del paisaje, alcanzadas mediante dicha cooperación administrativa y participación social, son fundamentales para establecer una política de restauración de los ríos con éxito a medio y largo plazo.

► La formación de equipos interdisciplinarios adecuados, la educación ambiental, el aumento de la confianza en las instituciones de gestión del agua, así como el incremento de la capacidad para el debate y la participación pública y el aprendizaje social, son requisitos indispensables para lograr no sólo la mejora del estado ecológico de los ríos, sino también el uso sostenible de los recursos naturales que ofrecen.

# ALTERACIONES GEOMORFOLÓGICAS DE LOS RÍOS EN EUROPA Y PRINCIPIOS PARA LA RESTAURACIÓN DE LA DINÁMICA FLUVIAL

Alfredo Ollero Ojeda

## RESUMEN:

Los procesos geomorfológicos son la base fundamental del correcto funcionamiento de los cursos fluviales como ecosistemas. Por ello, los indicadores geomorfológicos (integrados en los “hidromorfológicos” en la Directiva 2000/60/CE) son clave para determinar el estado ecológico de los ríos. Sin embargo, las importantes afecciones en la geomorfología fluvial de muchas acciones humanas no suelen ser valoradas, a veces ni siquiera son citadas en los estudios de impacto, ni causan preocupación (quizás por desconocimiento) en responsables de la gestión hídrica y territorial. En Europa las alteraciones geomorfológicas de los ríos son muy graves y extendidas. Hay incluso varias tipologías fluviales, como los cursos trenzados, que están a punto de desaparecer. El deterioro geomorfológico de los ríos europeos aumenta progresivamente, ya que cada vez se ejecutan más actuaciones directas en cauces y riberas relacio-

nadas con procesos de urbanización, actuaciones que son especialmente agresivas contra los procesos geomorfológicos y las morfologías fluviales. Es necesario evaluar los indicadores geomorfológicos y darles mayor peso específico dentro de la valoración global del estado ecológico. Y es urgente establecer principios de restauración de la dinámica fluvial, una restauración compleja, en la que el propio río debe desarrollar, con espacio y tiempo suficientes, la mayor parte del trabajo.

## PALABRAS CLAVE:

Geomorfología fluvial, indicadores hidromorfológicos, impactos geomorfológicos, territorio fluvial, restauración fluvial.

# LA REGULACIÓN DE LOS CAUDALES Y SU EFECTO EN LA BIODIVERSIDAD

Diego García de Jalón

## RESUMEN:

El actual crecimiento continuado de la población humana y de sus hábitos consumistas determina una demanda de agua por encima de las disponibilidades de los ecosistemas sobre los que se asienta. La respuesta imperante en nuestra Sociedad a este desequilibrio consiste en la regulación hídrica. En los ríos esta regulación de caudales se ha realizado mediante la construcción de sistemas de embalses y transvases.

La regulación de caudales significa que los regímenes de caudales que circulaban por los ríos en condiciones naturales se modifican. La afectación directa en la fauna y flora fluviales viene del hecho de que las especies autóctonas han evolucionado y están adaptadas a las peculiaridades

de los regímenes naturales de cada lugar. Solo las especies más oportunistas pueden prevalecer y completar sus ciclos biológicos bajo los regímenes fuertemente alterados.

Pero los efectos más nocivos en la biodiversidad provienen de la alteración de los hábitats fluviales que la Regulación de Caudales produce. Estos, son unos efectos a medio y largo plazo, pero insoslayables. Se originan por el efecto barrera que las presas producen en el flujo de sedimentos acarreados y limos que las aguas fluviales transportan, cuya ausencia en los cauces determinan cambios geomorfológicos. Con el tiempo, en estos nuevos hábitats, sólo nos encontramos especies introducidas, cosmopolitas y banales. Como afrontar y mitigar esta situación, será el tema a debatir.

# ESTUDIOS DE CASOS: RESTAURACIÓN DEL RÍO ISAR, ALEMANIA

Walter Binder y Klaus Arzet

## RESUMEN:

Al igual que la mayoría de ríos grandes en el centro de Europa, tramos del Isar, un río que fluye desde los Alpes hasta el Danubio, fueron canalizados hace más de cien años, para mejorar el control de inundaciones y el uso de la hidroelectricidad. Las riadas de las últimas dos décadas han demostrado la necesidad de mejorar la protección frente a inundaciones y han acelerado los debates sobre la disponibilidad de más espacios naturales y de recreo junto a los ríos. Las bases de los proyectos de restauración son los conceptos regionales de río, que incluyen pautas para el proyecto de restauración local así como para el programa de mediciones como parte del plan de gestión, un requisito de la Directiva Marco de Aguas de la UE. Un proyecto de restauración requiere trabajo en equipo, comprensión ecológica, conocimientos técnicos de hidráulica/construcción y aceptación social. Los ingenieros, arquitectos y expertos de diversos ámbitos (p.ej. ecología, planificación ur-

banística, conservación de la naturaleza, flora y fauna, agricultura, selvicultura y pesca) trabajan juntos para encontrar soluciones que beneficien a todos. Estos proyectos han de contar con apoyo del público, por ejemplo Organizaciones No Gubernamentales (ONGs) comprometidas. El estudio del caso Isar incluye proyectos en la ciudad de Munich (8 km) y en las llanuras de inundación rurales (100 km) que la rodean, describe las etapas de planificación, las medidas de restauración para mejorar el control de inundaciones, la ecología y los lugares de recreo al aire libre, y su principal objetivo es restituir al Isar su carácter alpino permitiendo de nuevo los procesos hidromorfológicos.

## PALABRAS CLAVE:

Restauración de ríos, control de inundaciones, ecología, biodiversidad, lugares de recreo al aire libre, procesos hidromorfológicos.

# LA GESTIÓN DEL AGUA EN MÉXICO. EL CASO DE LA CUENCA DEL RÍO BALSAS

Juan Carlos Valencia Vargas

## RESUMEN:

En México se reconoce al agua como un asunto estratégico y de seguridad nacional. Hoy en día, se ha convertido en elemento central de la política ambiental, y más aún, en un factor clave de la política de desarrollo social y de la política económica; su disponibilidad condiciona la posibilidad de desarrollo de algunas regiones del país y su calidad es factor determinante para la salud y bienestar de la población.

El agua de los ríos, lagos y acuíferos es propiedad de la nación y corresponde al Poder Ejecutivo su administración. Para ello se cuenta con dos elementos principales: la Ley de Aguas Nacionales (recientemente modificada), en la que se establecen los principios e instrumentos para el aprovechamiento y preservación del agua; y la Comisión Nacional del Agua, autoridad responsable de la administración del recurso.

Los estados, municipios, usuarios y la sociedad organizada también tienen atribuciones respecto a la gestión del agua que se hace por cada una de las trece cuencas en que se divide el país.

En la cuenca del río Balsas se asienta el 10% de la población. Sus características hacen que su vocación sea la generación de energía eléctrica, por ello desde hace cuatro décadas existe un decreto de veda que reserva el agua para este uso; sin embargo, el desarrollo de la región se ha visto frenado por este factor.

El desarrollo regional depende de la disponibilidad del agua. El crecimiento e intensificación de actividades productivas es necesario para lograr una serie de objetivos estratégicos, como el combate a la pobreza, el crecimiento económico y la seguridad alimentaria.

En este documento se presentan los elementos principales de la política hídrica regional que busca conciliar los objetivos de desarrollo social y económico con la preservación ambiental, así como la contribución regional al logro de los objetivos nacionales.

## PALABRAS CLAVE:

Agua, gestión, cuencas, México, política hídrica, Balsas.

# EL CONTROL DE LA CALIDAD DEL AGUA Y SUS BENEFICIOS AMBIENTALES Y SOCIALES.

## CASO DE ESTUDIO: MONTEVIDEO – URUGUAY

Américo Rocco

### RESUMEN:

A mediados del siglo XX, el crecimiento de la población de Montevideo, un desarrollo industrial con controles insuficientes y limitaciones en el sistema de saneamiento, provocan la contaminación de las playas del Este y de los cursos de agua interiores.

Entre 1985 y 1995 se ejecutan los Planes de Saneamiento Urbano I y II. Un nuevo sistema de disposición final elimina el vertimiento de aguas residuales en tiempo seco al Río de la Plata. La balneabilidad se recupera inmediatamente a su puesta en funcionamiento. El sistema de monitoreo de playas incluye las descargas del sistema de saneamiento.

Entre 1996 y 2006 se desarrolla el PSU III, que pone el acento en la recuperación de los cursos de agua interiores. Además de las obras de saneamiento, se pone en práctica un sistema de monitoreo de los arroyos y de los efluentes industriales. Se desarrolla el monitoreo ambiental ciudadano.

Al final del PSU III se ha mejorado la calidad del agua y las riberas de los cursos interiores, pero se necesita avanzar en la captación de residuos sólidos y eliminación de los vertimientos líquidos de asentamientos irregulares.

Se está desarrollando el PSU IV (2007 – 2012). Su obra principal será el sistema de disposición final del Oeste, que eliminará los vertimientos en tiempo seco a la Bahía de Montevideo.

Se desarrolla un programa de monitoreo del cuerpo receptor que incluye el análisis de sedimentos y biota.

### PALABRAS CLAVE:

Saneamiento. monitoreo. Montevideo.



Semana Temática 4

# AGUA RECURSO UNICO

Aguas compartidas:  
Gobernanza y Gobernabilidad  
Geopolítica del Agua  
Cuencas y Acuíferos:  
Planificación y Gestión

# Presentación

La Semana Temática 4, como herramienta de la Tribuna del Agua, tuvo un papel preponderante al abordar importantes cuestiones relacionadas a los usos de los recursos hídricos, a las aguas compartidas, a la geopolítica del agua y a la gestión por cuenca hidrográfica, con énfasis en los aspectos de planificación, de gobernanza y gobernabilidad.

De hecho, el carácter de recurso único que se le atribuye al agua procede de su capacidad de ser importante – o incluso vital – para una considerable cantidad de usos, sectores, grupos sociales y económicos, comportamientos, intereses y distintos puntos de vista, a la vez que implica una compleja y fuerte relación con la legislación, la política y las relaciones en general entre comunidades, regiones y países.

En particular, el hecho de que la Tribuna del Agua se haya realizado en España tiene un significado especial, pues en este país fueron plantadas, en el año 1926, las bases de la actual gestión del agua por cuencas hidrográficas, y la Confederación Hidrográfica del Ebro (CHE), con sede en Zaragoza, fue la pionera en el desarrollo de este proceso que, con la Expo 2008, se corona con el más amplio y profundo debate sobre el valioso recurso natural que es el agua.

# Documento de síntesis<sup>8</sup>

Autor: **Raymundo José Garrido**<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Ingeniero Civil y MSc en Economía. Consultor del Banco Mundial

## 1. INTRODUCCIÓN

La Semana Temática 4 se basó en una variedad de ejes que involucran a las distintas dimensiones de análisis que le imponen los usos múltiples del agua, además de los condicionantes histórico-geográficos y sus reflejos sobre la geopolítica, sobre los problemas relacionados con la gobernanza y la gobernabilidad y la aplicación de los instrumentos de planificación y de gestión.

Los temas relativos a estos ejes se distribuyeron a lo largo de diez sesiones, cada una conteniendo hasta tres comunicaciones. En particular, las comunicaciones presentaron los resultados de lecciones aprendidas, sea por medio de fortalezas sea por debilidades que los agentes de dichas experiencias afrontaron.

En todas las conferencias se adoptó la cuenca como escenario para elaborar y profundizar el análisis de cada situación estudiada. Sin embargo, se debe considerar que, aunque constituya el “centro neurálgico” de la gestión del agua, la cuenca, actualmente constituye un concepto que se relaciona estrechamente con espacios físicos y/o eco-espacios de naturaleza variada como, por ejemplo, los acuíferos, las regiones naturales, las regiones político-administrativas, todas ellas, finalmente, afectando o siendo afectadas por los requisitos de la gestión del agua a partir de la cuenca. Ese fue el clima que imperó en todas las sesiones de

la semana temática, que, sin duda, habrán dado su contribución para la expansión de la frontera del conocimiento.

## 2. REFLEXIONES DE LA SEMANA TEMÁTICA

Como anteriormente se ha mencionado, la semana temática involucró ejes temáticos direccionados para la gobernanza y la gobernabilidad y para la aplicación de los instrumentos de planificación y de gestión. Incluyó la realización de conferencias magistrales y sesiones de trabajo, además de un seminario de comunicaciones en la ciudad de Huesca.

Las conferencias magistrales versaron sobre temas que, por su actualidad, sirvieron como referencia para presentación y debates de las comunicaciones de las sesiones de trabajo. Las sesiones de trabajo incluyeron los temas de interés de los ejes temáticos integrantes de la semana, y el seminario de Huesca que fue una manera de expandir en Aragón las actividades de la Tribuna del Agua. A continuación se comenta cada uno de estos bloques de actividades.

### 2.1 Mensajes de las Conferencias Magistrales

Las conferencias magistrales constituyeron un marco de gran trascendencia en el contexto de la semana temática. Sus respectivos temas represen-

<sup>8</sup> Documento elaborado a partir de las comunicaciones escritas, las presentaciones orales, las discusiones a lo largo de la celebración de las sesiones y el destilado de las mismas preparado por los moderadores, relatores y coordinador con el soporte del equipo de Tribuna del Agua.

taron verdaderas guías para el desarrollo de las demás sesiones de la Semana.

En particular, esas intervenciones magnas dejaron, tras el debate con los participantes, los mensajes siguientes:

### **Conferencia 1**

#### **Pacto social sobre el agua**

Conferenciante: Ricardo Petrella

► Se sugiere la creación de una política mundial para gobernar la política de agua. (Este planteamiento no fue dirigido a ninguna institución o segmento)

### **Conferencia 2**

#### **Los desafíos de la gobernanza global del agua**

Conferenciante: Luis Veiga da Cunha

De manera general se llama la atención de los gestores del agua sobre la gobernanza a escala mundial se debe entre otras causas a:

- Las condiciones locales del agua pueden ser modificadas por el cambio climático.
- La presencia de multinacionales en la gestión del agua potable.
- Los problemas locales de agua pueden estar influidos por la economía mundial.
- Las importaciones y exportaciones de agua virtual, especialmente mediante el comercio de alimentos.

### **Conferencia 3**

#### **Evaluación y pilotaje de la gobernabilidad de cuencas**

Conferenciante: Ricardo Sandoval Minero

- Los organismos de cuenca deben innovar en los modos de organizarse.
- Los organismos internacionales deben ejercer un monitoreo sobre la gestión del agua.

► Los gobiernos deben perfeccionar la enseñanza de las ciencias de la administración y gestión orientadas para los recursos del agua.

### **Conferencia 4**

#### **Hermanamiento de cuencas: una herramienta para la cooperación**

Conferenciante: Jean François Donzier

- Se sugiere a los países un marco jurídico institucional fuerte, incluyendo la financiación.
- Los organismos de cuenca estables deben ayudar a aquellos que se están organizando.

Es relevante considerar que las conferencias magistrales trataron temas transversalmente a todos los demás del conjunto de problemas enfocados. Dos de las conferencias abarcaron aspectos del macrouniverso en el cual se inserta el mundo del agua: el pacto social sobre el agua, que fue brindada por la intelectualidad de Ricardo Petrella y la actual problemática del cambio climático, brillantemente presentada por Luis Veiga da Cunha.

Por otra parte, las dos siguientes conferencias se dedicaron a temas del trabajo directamente sobre el terreno: la evolución y el pilotaje de la gobernabilidad de cuencas, presentada de modo sumamente estimulante por Ricardo Sandoval; y el hermanamiento de cuencas como instrumento para la cooperación, didácticamente presentada por Jean François Donzier.

## **2.2 Resultados de las Sesiones**

Las sesiones de la semana temática permitieron un debate elevado sobre cuestiones que indujeron el debate. Aún más, al debatir una serie de temas que muestran el verdadero estado del arte sobre el tema del agua, el conjunto de sesiones de la referida semana proporcionó una significativa contribución para el avance de las buenas prácticas de gestión de los recursos hídricos.

Efectivamente, la sesión 1 produjo una profunda reflexión sobre el papel del agua en el desarrollo de las regiones, poniendo en relieve el actual debate sobre la geopolítica del agua y aportando, consecuentemente, nuevos elementos para la comprensión de los principales problemas actualmente afrontados en la gestión del agua.

Las sesiones 2 y 3 trataron sobre la planificación por cuenca y sus últimos logros, sobre todo en lo que se refiere a la distribución de volúmenes de agua entre usuarios competidores y la búsqueda de la eficiencia en la utilización de este recurso. De manera especial, se discutió en esas sesiones la importancia de los instrumentos de gestión de los recursos hídricos y de qué forma aprovecharse mejor de la aplicación de cada uno de ellos.

La sesión 4 representó un paso significativo en el contexto del tema relativo a la vida en común de los pueblos, abriendo espacio para el necesario debate sobre el carácter de unión que el agua puede despertar entre naciones vecinas y también de qué manera puede actuar como instrumento para la paz.

Las sesiones 5, 6 y 7 fueron consagradas a una discusión práctica relativa a la gobernanza y su relación con la continuidad administrativa de los gobiernos; al suministro de agua y al saneamiento como derecho básico del ciudadano; y al relevante papel de la legislación como instrumento esencial para el ordenamiento del sector de recursos hídricos en los países.

La sesión 8 abordó más detenidamente los planes maestros de cuenca y el progreso que trajo la informática y los recursos de Internet para este campo de acción. De manera especial, el ajuste de las recomendaciones de los planes maestros a la realidad constituyó un avanzado debate.

La sesión 9 fue extremadamente útil para la actualización del debate sobre agua y federalismo,

tratando sobre todo la cuestión del poder excesivamente más fuerte de los entes federados teniendo en cuenta los planes o programas estudiados al nivel de la cuenca. Una delicada cuestión tratada fue en relación a las posibilidades de modificar la naturaleza jurídica del cobro por el uso del agua para que los entes de cuenca dispongan de la libertad necesaria para decidir de manera autónoma en relación a las inversiones previstas en sus planes.

Finalmente, la sesión 10, que se realizó por medio de una videoconferencia involucrando el recinto de la Tribuna del Agua, las oficinas del Banco Mundial en Washington y diversos países del continente africano (Zambia, Uganda, Ghana, Tanzania y Níger), constituyó un momento de vivo intercambio de experiencias en tiempo real, empezando por la experiencia de la propia Confederación Hidrográfica del Ebro, seguida de los comentarios del representante del Banco Mundial en Washington y debates entre los ministros de ambiente de los mencionados países, contó con la participación del director de la Tribuna del Agua, del coordinador de la Semana Temática y del moderador del Banco Mundial, que se trasladó a Zaragoza exclusivamente para formar parte de esa sesión.

Como se puede percibir, la Semana Temática 4, por su contenido, incluyó una amplia variedad de áreas del conocimiento técnico y científico, en las cuales el agua es el elemento principal. La contribución de la Tribuna del Agua en este contexto fue y será de gran valía para el beneficio de la sociedad de los distintos continentes del planeta.

### 2.3 Seminarios en Huesca

A los trabajos de la Semana Temática 4 se incorporaron una serie de seminarios en la vecina ciudad de Huesca, que fue extremadamente útil para diseminar los nuevos conceptos de gestión del agua en un espacio más amplio de Aragón.

El programa de conferencias realizado en Huesca aprovechó la presencia, en Zaragoza, de conferenciantes de varias semanas temáticas que, de gentilmente, se predispusieron a permanecer uno o dos días más en Aragón para ampliar el debate sobre sus respectivos temas en la ciudad de Huesca. Fueron realizadas las siguientes conferencias:

#### **Día 12.07.08 – Planificación de Cuencas**

Eduardo Mestre (moderador)

Raymundo Garrido (Brasil)

Enrique Aguilar (México)

#### **Día 19.07.08 – Saneamiento**

Raymundo Garrido (moderador)

José Ramón Entralgo (España)

Luis Garcia (EUA)

#### **Día 25.07.08 – Cambio Climático**

Raymundo Garrido (moderador)

Mario Lopez Pérez (México)

Diego Rodriguez (Banco Mundial)

#### **Día 01.08.08 – Tema libre**

Eduardo Mestre (moderador)

Raymundo Garrido (moderador adjunto)

Sylvia Rafaella (Argentina)

Pablo Lloret (Ecuador)

#### **Día 03.08.08 – Conferencia Magna**

Eduardo Mestre (México)

#### **Día 03.08.08 – Combate a la sequía en Huesca**

Representantes del Ayuntamiento de Huesca

El público participante en Huesca fue más generalista, es decir, las ponencias fueron abiertas al público por invitación del ayuntamiento. El ciclo de conferencias de Huesca fue incorporado intencionadamente a la semana temática, consagrada

a los usos múltiples del agua – recurso único – y, por eso, igualmente generalista.

### **3. APLICABILIDAD Y REPRODUCIBILIDAD DE LAS EXPERIENCIAS PRESENTADAS Y DEBATIDAS EN CADA EJE TEMÁTICO**

Los ejes de la semana temática condujeron el debate para el manejo de los recursos hídricos al ámbito de la cuenca hidrográfica, expandiendo este concepto para abarcar los importantes cuestionamientos de las aguas compartidas, de la geopolítica del agua, de la planificación de la gobernanza y de la gobernabilidad. El tercer eje temático fue el de la gestión del agua en países federativos o descentralizados.

#### **3.1 Aguas Compartidas y Geopolítica**

En el tema de las aguas compartidas, se realizó un planteamiento concreto de la definición de la cuenca como territorio de planificación y gestión. En ese sentido, el debate sobre el ordenamiento, manejo y desarrollo de cuencas como en los casos de Catamaya-Chira (Perú y Ecuador), Pilcomayo (Argentina, Bolivia y Paraguay) y el Plan Trifinio (Guatemala, Honduras y El Salvador), fue bastante ilustrativo de ese importante concepto que elige la cuenca como unidad físico-territorial de planificación para el uso racional del agua.

El caso del proyecto Catamayo Chira, fue enriquecido con la presencia de otros ingredientes. Efectivamente, además de haberse constituido en un elemento de integración tras la firma de la paz entre ambos países, el proyecto ha hecho énfasis en la gestión binacional, en la participación, en la gestión integrada de cuencas y en la inclusión del enfoque de género, factores todos ellos que contribuyen a la gobernabilidad en la cuenca. Se ha sistematizado la experiencia de esta primera fase del proyecto en torno a las lecciones aprendidas en estos factores y se cree que puedan ser aplicadas en futuras experiencias en contextos similares.

Aún en el espacio del eje temático de las aguas compartidas y geopolítica, se discutieron las lecciones aprendidas con el proyecto de la cuenca del río Pilcomayo, compartida por Argentina, Bolivia y Paraguay. En ese debate se hicieron interesantes aportaciones, destacando el cumplimiento de la mencionada meta que le planteó a la Comisión Trinacional el desafío de producir una evolución de su estructura institucional tal que le permitiera afrontar eficiente y eficazmente las actividades que demandaría la gestión integrada de sus recursos hídricos transfronterizos. Entre las lecciones aprendidas, se pueden enumerar las siguientes:

- ▶ No se puede gestionar lo que no se conoce
- ▶ No se puede conocer lo que no se mide
- ▶ Las escalas de tiempo han de ser con horizontes largos
- ▶ Los cambios de personal y de gobiernos afectan los proyectos

La cuenca del río Danubio también ocupó espacio en los debates sobre aguas compartidas y geopolítica, destacando los aspectos más relevantes de la cooperación bi y multilateral y sus desafíos relativos a la aplicación de la directiva marco de la Unión Europea.

Finalmente, el eje temático de las aguas compartidas y geopolítica fue profundizando en el contexto de una cuenca compartida por estados federados de un mismo país, enfocando el caso de las cuencas del Piracicaba-Capivari y Jundiá - PCJ, en Brasil. Las principales aportaciones del debate en la sesión que trató de las cuencas del PCJ fueron lo suficientemente claras para demostrar que el desarrollo socioeconómico, con base en el recurso agua, es del mismo modo complejo en el interior de un país federativo, puesto que las unidades federadas compiten entre sí por el uso de caudales en sus respectivas luchas por el desarrollo.

### 3.2 Cuencas: Gobernanza y Gobernabilidad

En el contexto de la gestión por cuenca, los conceptos de gobernanza y gobernabilidad ocuparon una parte importante del debate. Como ejemplos de debates que permitieron aportaciones de gran alcance, estuvieron las sesiones que trataron de la garantía del derecho al agua con experiencias en varios países, sobre todo en países de la Unión Europea y en países de gran extensión territorial, donde la dispersión de las poblaciones representó un obstáculo para la implementación de buenas prácticas de gestión. Se apuntó también que el reconocimiento del derecho al agua como un derecho humano reconocido por las Naciones Unidas en 2003 fue muy importante para ampliar el debate sobre el derecho al agua a escala internacional. Se propuso un nuevo paradigma y una nueva sociedad basados en criterios participativos de gobernanza como instrumento que contribuye para globalizar la solidaridad.

La gobernanza también motivó, en el cuerpo de la semana temática, un profundo debate en el terreno de las aguas subterráneas, avanzando en el concepto de la revolución silenciosa del desarrollo de esta fracción del agua. Además, se propuso una intensificación de la participación en la toma de decisión respecto al uso de las aguas. Como lecciones aprendidas, fue muy importante incluir en la semana temática, y en particular en este eje temático, la discusión sobre el Proyecto Acuífero Guaraní, en cuyo contexto fue un aspecto muy importante la implementación de un concepto ya conocido desde hace algunos años, según el cual se debe pensar globalmente y actuar localmente. Si para algún ecosistema ese concepto se ha aplicado de manera cabal, este ecosistema fue, sin duda, el acuífero Guaraní.

La experiencia de países centroamericanos trajo, igualmente, aportaciones muy relevantes para la semana temática. Bajo este aspecto se tuvo la oportunidad de discutir la estrategia para la gestión integrada de recursos de agua de Costa Rica a

través de una experiencia que produjo importantes lecciones en lo referente a la elaboración de un Plan Hidrológico Nacional.

La experiencia del Plan Trifinio, involucrando Guatemala, El Salvador y Honduras, constituyó una oportunidad de comprobar cómo tres visiones distintas pudieron producir un elevado grado de sinergia. Como inserción en este debate (no prevista) fue presentado y debatido un panel, a modo de caso paralelo, sobre la acción de una empresa pública binacional en la región de Itaipu (Brasil y Paraguay) que, actuando al nivel de microcuenca mediante procesos de sensibilización, ha contribuido fuertemente para contener el avance de impactos negativos como la deforestación y erosión.

El tema de las cuencas hidrográficas implica también, en lo concerniente a la gobernanza y gobernabilidad, la tarea de la planificación. Tres experiencias muy ricas fueron presentadas, debatidas y dieron lugar a la discusión de lecciones concretamente aprendidas. Entre éstas se incluyen:

- ▶ La experiencia mexicana (cuenca de Lerma-Chapala) muestra que la planeación debe extenderse desde aguas abajo hacia aguas arriba y no al contrario.

- ▶ La experiencia española (Plan Hidrológico Nacional) de la planificación hidrológica enfatiza el rol de la participación pública y la evaluación ambiental estratégica.

- ▶ La experiencia de Francia (cuenca del Adour-Garonne) indica haber un gran espacio entre la planificación y lo que percibe el ciudadano, vacío que necesita ser rellenado.

Una aportación relevante fue presentada por la OSCE, enfatizando la importancia de la seguridad medioambiental en el contexto de la planificación de cuencas, es decir, tener en cuenta que el medio ambiente es un patrimonio único de los pueblos que habitan en el planeta y que, por lo tanto, exige cuidados permanentes para su preservación.

### 3.3 Regímenes federales y/o descentralizados

La problemática de la gestión del agua en regímenes descentralizados implica la necesidad de fuertes competencias de las partes del estado descentralizado sobre el agua. En este contexto, algunos retos de gestión son difíciles de superar, pues en muchas ocasiones las cuencas superan en extensión al territorio de estados, provincias y regiones. Una cuestión problemática en estos regímenes es siempre la de los trasvases, lo cual lleva consigo conflictos territoriales en algunos casos difíciles de controlar. Las lecciones aprendidas provienen principalmente de la rica experiencia española que fue debatida en la sesión 9.

Las experiencias presentadas en este conjunto de ejes temáticos contienen, sin lugar a dudas, ejemplos de lecciones aprendidas de elevado grado de aplicabilidad y reproducibilidad. En ese sentido, la Tribuna del Agua y, más específicamente, la Semana Temática 4, fueron una gran oportunidad de difusión de dichas lecciones para países o regiones que están afrontando problemas semejantes a los de las referidas lecciones. La ganancia social producida únicamente por esa difusión del conocimiento práctico ya significa, por sí solo, uno de los muchos méritos de la Tribuna del Agua.

## 4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

La Semana Temática 4 fue consagrada a la búsqueda de soluciones para los problemas del agua, especialmente en donde ésta se comporte como recurso insustituible, es decir, en donde el agua sea el recurso único. El debate abordó diferentes ejes temáticos y las conclusiones y recomendaciones emanadas de dicho debates son las siguientes:

Los modelos de gestión hídrica han evolucionado históricamente a través de numerosos paradigmas y escenarios. En la actualidad nos enfrentamos a un modelo que debe dar una respuesta global. En este contexto, surge el término gobernanza para denotar la calidad de la interacción entre los distintos niveles de gobierno y, más particularmente, entre éstos y las organizaciones empresariales y de la sociedad civil. En el caso de la gestión hídrica, se pretende un gobierno relacional o en redes de interacción entre lo público, lo privado y lo civil a lo largo del eje local-global que determina quién, dónde y cómo se recibe el agua. Por estos motivos se propone:

- ▶ Crear un Pacto Social Mundial por el Agua, desarrollando un mecanismo institucional que contenga las bases globales para gobernar la política de agua.

- ▶ Articular fuertemente los organismos de cuenca con las empresas de suministro de agua y saneamiento para que la toma de decisiones de ambos se oriente a impulsar el cumplimiento de las metas del milenio.

Se abarcan de este modo todos los ámbitos de actuación: mundial, transfronterizo, nacional, regional o local. Sin embargo, y debido necesariamente a las interacciones entre el ciclo hidrológico y los demás ciclos biogeoquímicos, la perspectiva mundial cada vez cobra mayor importancia. Los entornos de gestión del agua son cada vez más complejos.

- ▶ Por ello, hay que superar la visión basada meramente en la ingeniería y pasar a otra holística enriquecida con enfoques variados como los sociólogos, económicos y ambientales.

En el año 2003 la Organización de Naciones Unidas reconocía el derecho al agua como un derecho humano al abastecimiento adecuado y suficiente de agua salubre. No obstante, se trataba de un documento no vinculante jurídicamente. Por ello se propone:

- ▶ Su incorporación efectiva a la legislación internacional y a las constituciones nacionales. Se trata de una tarea prioritaria para que se convierta en un derecho articulado y reconocido.

- ▶ A los países que no cuentan con leyes de agua que aceleren el proceso de la discusión y aprobación de un texto legal para esta finalidad, y que la política de aguas no resulte únicamente de una política ambiental lo que puede dificultar el proceso de la gestión de los recursos hídricos.

- ▶ Modificar las legislaciones de aguas incluyendo la corresponsabilidad de los usuarios, fortaleciendo la conservación y simplificando la administración.

- ▶ Los gobiernos y la sociedad deben avanzar de forma coherente para mejorar las capacidades de los recursos humanos en materia de administración y gestión de los recursos hídricos. El papel de los bancos multilaterales y de las instituciones internacionales es fundamental para lograr el avance en esta materia.

Esta última propuesta implica especialmente a los países en vías de desarrollo y supone, además:

- ▶ Impulsar los esquemas bi y multilaterales de relaciones entre países y concertar apoyos a través de las redes de capacitación existentes.

El creciente interés mostrado por los gobiernos regionales que comparten cuencas puede suponer un problema debido al riesgo de fragmentación de su gestión, y a la posibilidad real de modificaciones en las políticas derivadas de los cambios de gobierno. Por tanto, se propone:

- ▶ Con carácter universal, considerar la unidad de cuenca como el referente fundamental para la gestión hídrica, por encima los intereses políticos locales y regionales.

Y en concreto, a los gobiernos de regiones que comparten aguas:

- ▶ Que en la planificación de una cuenca compartida se considere, en primera instancia, su totalidad –prescindiendo de las fronteras

geopolíticas- para decidir sobre las inversiones a realizar y sus localizaciones, de tal manera que se obtenga el máximo beneficio económico y social del uso de la cuenca, y, en segunda, las fronteras político-administrativas para el proceso de negociación que compensará a las regiones con una menor inversión. Esa negociación se operará en un contexto de la evaluación de costes y beneficios en cuanto al reparto del agua.

Los organismos de cuenca deben innovarse en su organización y funcionamiento. Esta mejora y adaptación es fundamental para:

- ▶ Avanzar en el intercambio de experiencias y de modelos de organización y gestión de cuencas hidrográficas, así como en la realización periódica encuentros y simposios para valorizar avances y lecciones aprendidas.

- ▶ Respetar los principios de soberanía y de autodeterminación, para que en aquellos países que no cuentan con una autoridad de agua robusta y competente así como una legislación propia en materia de agua y su gestión, sus gobiernos valoren cuidadosamente la conveniencia de contar con dichos instrumentos para fortalecer su sector agua.

Para ello, los países que cuentan con esquemas de autoridad y marco jurídicos más desarrollados, deben:

- ▶ Compartir sus avances, buenas prácticas y sugerencias.

- ▶ Promover y facilitar la creación de organismos de cuenca con poderes para actuar a lo largo de todo el ciclo integral de la planificación y la gestión de los recursos hídricos, con potestad para decidir los derechos de uso de los recursos hídricos, gestionar el cobro por el uso de dichos recursos y financiar la infraestructura hídrica necesaria para la gestión, los planes y programas a implementar en la cuenca hidrográfica.

Por su parte, los organismos multilaterales deben:

- ▶ Ejercer control y seguimiento en la gestión del agua.

Sin embargo, la ausencia de actuaciones concretas puede ser sustento para poner en valor la conveniencia de contar con una agencia de carácter mundial que entre otras actividades se haga cargo del monitoreo sobre la gestión del agua para los distintos países, cuencas y acuíferos.

Para alcanzar la gobernabilidad se requiere una nueva ética y nuevos modelos de administración para evitar o superar los conflictos entre ésta y las estructuras de participación. Se propone:

- ▶ Fomentar la participación ciudadana y promover el consenso social mediante la implicación permanente de todos los agentes sociales.

En materia de planes maestros o de esquemas directores, tanto de carácter nacional como por cuenca o por unidades de gobierno subnacionales se propone:

- ▶ Que los reglamentos que rijan a dichos planes maestros, sean coherentes y por tanto no discrepen en relación con las leyes vigentes y sean redactados de manera accesible, al alcance de la comprensión de los ciudadanos.

- ▶ Publicar en Internet los planes hídricos para que los ciudadanos tengan amplio acceso a éstos y así contribuir a su mejora y al apoyo de su cumplimiento bajo esquemas de rendición pública de cuentas. Es necesario que, tanto en los países desarrollados como en vías de desarrollo, la sociedad tenga todas las facilidades para actuar en el sector hídrico a través de redes de comunicación permanente con las autoridades competentes.

- ▶ A los gobiernos de los países, que incluyan en los planes y programas de capacitación de recursos hídricos las nociones básicas de geopolítica para que los participantes sepan la dimensión y relevancia de las consecuencias de su trabajo.

Históricamente, las aguas compartidas pertenecientes a cuencas transfronterizas han sido fuente de conflictos. Son muchos los recelos heredados que hay que superar. La cooperación internacional debe estar fundamentada en el diálogo y la nego-

ciación, creando el clima de confianza necesaria que facilite el acercamiento de posturas y permita entender las necesidades de los países implicados. Una vez alcanzado se tiene que trasladar a la población, teniendo presente que esta labor requiere tiempo y planificación. Para ello se propone:

- ▶ La materialización en proyectos y mejoras concretas en seguridad alimentaria y energética, y riegos, comenzando con objetivos modestos que aseguren el éxito y la confianza de la ciudadanía.

- ▶ A todos los países que comparten cuencas y a las agencias de cooperación y bancos internacionales, que inicien, lo antes posible, programas y proyectos para la planificación y gestión de las cuencas compartidas para que, en un periodo de cinco años, las 263 cuencas compartidas del mundo estén ya planificadas y bajo sus procesos de gestión o en vías de concluir sus planes maestros, además de estar con sus conflictos mínimamente dominados. Esta propuesta pretende que se trabaje de manera preventiva donde no hay conflictos o problemas de recursos hídricos y a modo de intervención para solucionar conflictos y otros problemas donde éstos ya estén instalados.

- ▶ A los gobiernos de los países que comparten una o más cuencas, que refuercen o incorporen en sus leyes de recursos hídricos puntos coincidentes y que contribuyan para gestionar los problemas más importantes de la(s) cuenca(s) de uso común. Esa medida es siempre posible porque las leyes de aguas son recientes o están próximas de ser promulgadas en gran número de países.

En el caso de masas de agua compartidas entre dos o más países, en aquellos casos en los cuales se desarrollan o vayan a desarrollar planes de gestión de dichas aguas, se propone:

- ▶ A pequeña escala: mancomunar a los alcaldes en sus trabajos y promover la concertación con sectores privados y gobiernos centrales y locales, así como con los grupos sociales más participativos o de mayor prominencia (es decir, las fuerzas vivas).

- ▶ A gran escala: a los gobiernos de los países que comparten cuencas hidrográficas, que am-

plíen la participación de la sociedad civil en dichos entes dando a los representantes de la sociedad la mayoría de asientos como forma de asegurar la continuidad administrativa respecto a la gobernabilidad del agua.

La geopolítica del agua es un punto de intenso debate actual en los foros locales regionales, nacionales e internacionales. El agua ha sido, a lo largo de toda la historia de la especie humana, uno de los factores de transformación más prominentes de las sociedades, marcando en muchos casos el destino histórico, político o social de diversas culturas y civilizaciones. Sin embargo, ha sido la política, por ignorar su despilfarro y contaminación, la que ha afectado este geofactor en los últimos años.

En ese sentido se propone:

- ▶ Que los gobiernos transformen el principio de la cuenca hidrográfica como unidad de planificación en dispositivo constitucional rígido al igual que la división política del país, siempre desde el respeto al carácter soberano de los países.

- ▶ A los gobiernos de los países la creación de centros bi o multinacionales de formación e investigación, de manera que contribuyan al fortalecimiento institucional y la participación con vistas a uniformizar el conocimiento técnico de las personas para actuar en proyectos de ordenamiento, gestión y desarrollo de cuencas compartidas.

- ▶ A los gobiernos de los países que incluyan en los planes y programas de capacitación de recursos hídricos las nociones básicas de geopolítica para que los participantes sepan la dimensión y relevancia de las consecuencias de su trabajo.

- ▶ A las agencias bi y multilaterales de financiamiento que adopten, como criterio para apoyo a la realización de actividades de capacitación y entrenamiento, la inclusión de conocimientos de geopolítica del agua.

Hay lecciones aprendidas y experiencias exitosas (como es el caso de los ríos Senegal y Níger en África o el Plan Trifinio entre El Salvador, Hondu-

ras y Guatemala) en los que mediante la colaboración internacional se aborda la gestión del recurso hídrico como bien regional desde las perspectivas social, ambiental y económica.

Las lecciones aprendidas deben ser transmitidas a todas las escalas, desde la puramente local a la regional o supra-regional, dependiendo de los casos y experiencias. Los procesos participativos y la concertación son extremadamente útiles para la multiplicación del conocimiento. Por eso, se propone a:

- ▶ Las organizaciones de cuenca estables, que ayuden a otras que están organizándose por medio de programas de hermanamiento de cuencas mediante los cuales se dará la transferencia de conocimiento y de buenas prácticas de gestión de los recursos hídricos.

- ▶ Las agencias multilaterales, que establezcan e implementen líneas de financiación para los programas de hermanamiento de cuencas.

- ▶ Las organizaciones de cuenca que, actúen intensamente por medio de reuniones públicas permanentes y sistemáticas, con el objetivo de incorporar la esfera local en las decisiones de gestión hídrica, ampliando sus competencias.

- ▶ A todos estamentos gubernamentales y no gubernamentales, que sea incluido el tema del derecho al agua en sus programas de congresos, reuniones, seminarios y talleres ya sean locales, regionales o internacionales. De esta manera se logrará difundir e incorporar a la conciencia colectiva de la ciudadanía este concepto fundamental.

La colaboración en cuencas transfronterizas permite el uso compartido de los recursos hídricos, los aprovechamientos energéticos, la transferencia de conocimiento y contribuye a crear zonas políticamente estables y prósperas al reducir las posibilidades de conflictos.

La vulnerabilidad frente a la variabilidad climática es muy grande, presentándose problemas de escasez de agua debido a sequías o a inundaciones. Por ello, se propone:

- ▶ Aumentar las infraestructuras de regulación, distribución y el uso de agua para riego, con objeto de aminorar esta situación, basándose en criterios de sostenibilidad para su ejecución, teniendo presente la participación efectiva de las poblaciones afectadas, especialmente aquellas susceptibles de ser desplazados, así como las minorías.

- ▶ A los gobiernos de los países, que incluyan en sus legislaciones del agua y obras hidráulicas la necesidad, como requisito básico para aprobación de proyectos de presas, los estudios de impacto ambiental que demuestren que el proyecto no impacta el ambiente por medio de:

- emisiones de gases de efecto invernadero por la putrefacción de materia orgánica;
- modificaciones muy acentuadas de la hidrología de aguas abajo;
- pérdida excesiva de áreas propicias a culturas;
- procesos rápidos de sedimentación por falta de dispositivos de remoción de los sedimentos;
- familias desplazadas sin mejoría de sus condiciones socioeconómicas;
- modificación de la calidad del agua debido al tipo de roca que sumerge con la formación del reservorio;
- muerte de individuos de la fauna local.

La relación entre el agua, la energía y el alimento con el clima es muy fuerte y directa, y el actual patrón climático no hace sino amplificarla. Estos cuatro elementos están fuertemente interconectados mediante flujos bidireccionales entre todos ellos.

En torno a las aguas subterráneas con frecuencia hay mitos y tabúes. Es necesario traducir el conocimiento técnico en adquirido. Además, el progresivo uso de aguas subterráneas está provocando una “revolución silenciosa”. Presentan importantes ventajas y en nuestros días probablemente el valor de las cosechas regadas con ellas supere el de las cosechas regadas con aguas superficiales. Por ello se propone:

- ▶ Que la unidad de gestión de las aguas subterráneas debe ser la propia masa freática, que

requiere de la colaboración entre administración y usuarios en todas sus escalas, es decir, de una gobernanza eficaz.

► A las autoridades que emiten derechos de uso del agua en regiones de sequía que den prioridad a las aguas subterráneas, que son las que resisten a las sequías.

► A los agentes financieros que, para cada proyecto de uso de recursos hídricos superficiales que solicite apoyo financiero, se solicite también un proyecto alternativo que utilice aguas subterráneas y que se le dé prioridad al proyecto que implique la creación de un número mayor de puestos de trabajo.

► Al Gobierno de España que modifique la Ley de Aguas para buscar la corresponsabilidad de los usuarios, fortalecer la conservación y simplificar la administración.

► A los gobiernos de los países que los reglamentos de planes maestros en los países aborden la necesidad de buscar soluciones de suministro de agua que combinen las aguas superficiales con las aguas subterráneas.

Un buen estado ecológico no puede alcanzarse pensando únicamente en las necesidades de los seres humanos. Una declaración del agua que la contemplase únicamente como patrimonio de la humanidad sería apenas una solución parcial a un problema de una dimensión enormemente superior. Por ello, esta visión miope del asunto hídrico, únicamente terminará por generar nuevos problemas. Por ello se propone:

► Un cambio de paradigma, que promueva soluciones basadas en una auténtica sostenibilidad, cuyo eje principal sea el principio de que el agua es un patrimonio de todos los seres vivos y del planeta en su conjunto, no solo de los seres humanos. Para desarrollar este nuevo paradigma de tal forma que cuente con apoyo sólido de los países y regiones, es fundamental que se debata y apruebe el principio planteado.

► Para avanzar en el propósito anterior, se recomienda la difusión amplia del principio de que el agua es un patrimonio de todos los seres vivos y del planeta en su conjunto, a través del Internet y de boletines ex profeso y se recojan las reacciones de los interesados.

► El rol que puede desempeñar el Estado Español es crucial: 1) aceptar dicho principio y por tanto, ponerlo en práctica en la política de Estado en materia de medio ambiente, medio rural y marino; y 2) actuar como difusor de este principio en las áreas geopolíticas en las cuales España cuenta con condiciones favorables: la Unión Europea, en los países del Mediterráneo y en Iberoamérica.

## 5. COMUNICACIONES PRESENTADAS

Las comunicaciones presentadas durante la Semana Temática 4, fueron la motivación para el debate, de hecho, cada presentación se limitó a pocas descripciones y/o narrativas, abriendo espacio para una gran cantidad de debates.

## 6. COMENTARIOS FINALES

La concepción, planeación e implementación de las actividades de la Semana Temática 4 constituyeron una oportunidad única para ampliar y hacer avanzar la frontera del conocimiento técnico-científico con importantes repercusiones sobre el mundo del agua. Lecciones fueron repasadas, casos exitosos fueron recordados, nuevos métodos de gestión fueron presentados y debatidos, y, sobre todo la semana temática constituyó un punto de reencuentro de personas imbuidas de la trascendencia de multiplicar el conocimiento respecto a la gestión del agua en todos los continentes.

La sensación dejada por las actividades de la semana temática es la de que el ánimo, y también el comportamiento de las personas que estuvieron en Zaragoza en ese debate fueron estimulados para que continuasen actuando aún con más vigor a favor de la solución de las dificultades relacionadas con el agua, una de las formas de contribuir mejor para el bienestar de las sociedades.

# PACTO SOCIAL DEL AGUA. EL AGUA, UNA CUESTIÓN SOCIAL PARA EL SIGLO XXI

Riccardo Petrella

Conferencia magistral

## RESUMEN:

La tesis aquí desarrollada y argumentada es la siguiente: el agua, sinónimo de vida (al mismo nivel que el aire y el sol), aún siendo un “recurso natural vital”, no depende principalmente de la política medioambiental (“económicamente rentable”) de un recurso natural limitado, en vía de agotamiento, sino de una política global de la vida, una política de la sociedad. La vida, la sociedad, pueden pasar sin petróleo (lo han hecho durante milenios, y lo harán en el curso de los próximos milenios), pero no sin agua.

El acceso al agua, la protección del agua, la propiedad del agua, la gestión del agua, las relaciones de poder toma de decisiones y de control sobre el agua, las prácticas sociales del agua, las creencias y los símbolos del agua, los modos de vida... todo ello es influido, conformado, pensado por la sociedad. La conferencia aborda las ocho razones principales que convierten al agua en la cuestión primordial del comienzo de siglo, junto con la alimentación, el trabajo y la energía. Son éstas: (1) la falta de acceso a agua potable de 1.500 millones de personas y a servicios de saneamiento de 2.600 millones representa un escándalo social a escala mundial; (2) la pobreza es la principal causa de la falta de acceso al agua y no la escasez de agua; (3) si no se toman medidas radicales, en

2030 más de 2.400 millones de seres humanos vivirán en el hábitat antihumano e “insostenible” formado por los barrios de chabolas; (4) la desigualdad de poder es un factor determinante en la desigualdad del acceso al agua para la vida y para la seguridad de la existencia de comunidades humanas; (5) la política hídrica y los usos del agua dependen enormemente del régimen de propiedad del agua ; (6) también depende de las normas relativas a la gestión del agua y la participación de los ciudadanos en el “gobierno” del agua; (7) el futuro del agua y la vida en el Planeta a la luz del cambio climático: más allá del etnocentrismo y de la primacía de los intereses tecnofinancieros competitivos de los países del Norte; (8) la puesta en marcha de un “pacto”/“contrato” mundial del agua en los próximos años estará condicionada por la construcción de una nueva arquitectura político-institucional mundial.

## PALABRAS CLAVE:

Derecho al agua, escasez y pobreza, propiedad, patrimonio mundial, bien común público, privatización, mercantilización, “petrolización” y “cocalización” del agua, reparto, solidaridad, justicia, protección/salvaguardia, ahorro, guerras del agua, paz con el agua, sacralidad del agua.

# LOS RETOS DE LA GOBERNANZA GLOBAL DEL AGUA

Luis Veiga da Cunha

Conferencia magistral

## RESUMEN:

En los últimos años, el concepto de gobernanza ha ganado terreno, en el contexto de la política hídrica, vinculado al concepto de desarrollo sostenible. Se han considerado diferentes niveles de atención a la gobernanza del agua, a saber, el nivel local, de cuenca hidrográfica, regional y global. A decir verdad, en algunos casos, la gobernanza que se aplica normalmente en el nivel de cuenca hidrográfica puede resultar insuficiente, por lo que se hace necesario recurrir a un nivel superior, regional o incluso global. Una eficaz gobernanza del agua global requerirá unas condiciones legales e institucionales adecuadas que todavía no se

pueden alcanzar con los instrumentos disponibles en la actualidad. Considerándolo desde esta perspectiva, el agua tiende a asumir el rol de un recurso geopolítico, similar a los recursos petrolíferos o minerales. Y aunque esta perspectiva no ha calado demasiado hasta ahora, hay indicios de que las percepciones actuales pueden estar cambiando.

## PALABRAS CLAVE:

Niveles de gobernanza del agua, agua y globalización, agua virtual, agua como recurso geopolítico.

# GUIÓN CIENTÍFICO DE LA PLAZA TEMÁTICA "AGUA COMPARTIDA". LA CUENCA, LA CASA DEL AGUA, NUESTRA CASA

Víctor Pochat

## RESUMEN:

Suele costarnos visualizar la fase del ciclo hidrológico dentro de un ámbito particular, la cuenca, aunque es en ese ámbito geográfico donde el agua está más cerca del ser humano y de su medio ambiente y, consecuentemente, donde puede afectarlos y ser afectada con mayor facilidad.

La naturaleza está escondida por los mapas políticos, por el funcionamiento de las jurisdicciones administrativas y sus respectivas normas legales, y por el desarrollo de los países, traducido en el reemplazo de bosques por cultivos, el crecimiento de los núcleos urbanos y la construcción de infraestructuras, entre otros aspectos.

Resulta necesario impulsar que el ciudadano común se plantee la necesidad de investigar una nueva manera de relacionarse con el medio físico. Tan sólo entendiendo que el agua, al escurrir, va interrelacionándonos a todos los que vivimos en

un mismo ámbito y compartimos un mismo recurso, independientemente de las fronteras que convencionalmente nos separen, el ciudadano captará que la estructura organizativa del mundo podría tener otra formalización - la división en cuencas.

Debemos asumir que estamos viviendo en una misma casa, la "cuenca", la "casa del agua", "nuestra casa". Y preguntarnos cómo - mediante la mutua cooperación - podemos compatibilizar nuestros respectivos intereses, tomando conciencia de que la responsabilidad de utilizar adecuadamente el agua - ese recurso compartido por todos los habitantes de la misma "casa" - debe ser asumida por todos y cada uno, de acuerdo a nuestros roles respectivos dentro de la sociedad.

## PALABRAS CLAVE:

Cuenca, recursos compartidos, aguas transfronterizas, cooperación.

# ESPAÑA Y SUS CUENCAS HIDROGRÁFICAS

Juan López Martos

## RESUMEN:

Esta comunicación pretende exponer el papel precursor de España en la introducción de la cuenca hidrográfica como unidad territorial de gestión del agua. Se parte de una breve descripción del uso del agua en España, que en lo que respecta al regadío se remonta a la edad del cobre. Refieren las acciones romanas, musulmanas y renacentistas. Se detalla después la modernización del uso del agua, que empieza al iniciarse el segundo tercio del siglo XIX y culmina con la creación de lo que se llamó, en primer lugar, Confederaciones Sindicales Hidrográficas en 1926. Se analiza el gran papel

que estos organismos desarrollaron durante cuarenta años en la construcción y posterior explotación y del excelente patrimonio hidráulico español. Con la entrada del régimen democrático, nuestra política de aguas y también nuestras Confederaciones hubieron de adaptarse, en primer lugar a un régimen democrático y, por otra a las nuevas exigencias hídricas de una sociedad, que había dejado de ser rural. Por último se pasa revista al problema, que hoy se trata de resolver para compatibilizar las competencias estatales y autonómicas sin detrimento de la unidad de cuenca hidrográfica, necesidad funcional y estructural de España.

# NI PUEBLO ELEGIDO NI TIERRA PROMETIDA: EL VALLE DEL EBRO AUTOSOSTENIDO

Mario Gaviria

## RESUMEN:

El Valle del Ebro con 85.550 kilómetros cuadrados y menos de tres millones de habitantes, unos 33 habitantes por kilómetro cuadrado, es el último espacio fluvial, la última cuenca hidrográfica en Europa con un río en parte todavía errático que mejorará en los próximos años. Es la tierra de la abundancia, unos 2.700 metros cúbicos de agua embalsada por habitante y año y unas 2.700 horas de sol captable al año y unos 2.700 horas de viento turbinable al año.

Es un gran espacio dotado de extraordinarias infraestructuras de todo tipo de construcción reciente con la tecnología más avanzada que dispone de unas ciudades de tamaño medio y pequeño que podrán ser un día sostenibles con aproximadamente 800.000 hectáreas de regadío garantizan

la sostenibilidad alimentaria. El valle de la carne, las frutas y el buen vino va a ampliar su actividad hasta convertirse en el valle del kilovatio renovable descarbonizado. Se espera un futuro de poco cemento y mucho talento. Miles de físicos, ingenieros, biólogos, que crezcan en los centros de investigación y desarrollo, dirijan y produzcan las factorías de aerogeneradores y seguidores solares de manera que en 20 años seamos autosuficientes y podamos comenzar a exportar energía. El agua tiene una función especial para el funcionamiento de las Centrales Solares Termoeléctricas y para los bombeos reversibles que permitan almacenar los excedentes de eólica. El agua también será necesaria e imprescindible para su descomposición por electrolisis cuando llegue el momento (en unos 15 años) del hidrogeno. El Valle del Ebro tiene que abastecer al noreste de la España eólica, País Vasco, Cataluña, Valencia. Un objetivo de sostenibilidad que se puede lograr.

# GESTIÓN DE LAS AGUAS DEL DANUBIO: BILATERALISMO Y MULTILATERALISMO DESDE LA PERSPECTIVA HÚNGARA

Kálmán Papp

## RESUMEN:

La cooperación internacional en el ámbito de la gestión de aguas comenzó en el Valle del Danubio tras la Primera Guerra Mundial con la actividad de los Commission Regimes des Eaux du Danube (CRED). Incluso las primeras comisiones bilaterales de aguas se crearon en el marco de las relaciones Hungría-Rumanía, Hungría-Austria y Hungría-Checoslovaquia. Tras la Segunda Guerra Mundial se firmaron cinco nuevos acuerdos bilaterales con los estados vecinos. El COMECON aportó asimismo un marco para la cooperación

multilateral (ver el Caso Tisza). Más tarde, la regulación de los cursos de agua, las mediciones hidrográficas, la protección frente a inundaciones y el control de la contaminación emergieron como temas importantes en la cooperación transfronteriza. La Convención de Sofía proporcionó el marco para una cooperación multilateral renovada en el Valle del Danubio. ICPDR también se convirtió en un órgano de coordinación importante en la implantación de la DMA de la UE. En el caso del río Tisza, diversas iniciativas de organizaciones internacionales aportaron las bases para implantar proyectos internacionales más pragmáticos.

# GEOPOLÍTICA REGIONAL EN UNA FEDERACIÓN: CASO DE LAS CUENCAS DEL PCJ

Dalto Favero Brochi, Francisco Castro Lahóz y Alexandre Almeida Vilella

## RESUMEN:

La geopolítica en Brasil, país con sistema federativo y compuesto por 26 estados, un distrito federal y más de 5.500 municipalidades (son tres niveles de gobierno: federal, estadual y municipal), tras conflictos con las legislaciones y situaciones distintas socio-económica de los estados. La propuesta es hacer el análisis del proceso de industrialización del Estado de Sao Paulo a partir de la mitad de siglo XX con el movimiento de “desconcentración” del parque industrial de la ciudad de Sao Paulo que se transfirió para otros municipios de su Región Metropolitana y también para otras ciudades del interior del estado, sin una preocupación con la planificación estratégica y con el ambiente y con los recursos hídricos de esas regiones, en un proceso llamado “el progreso el cual-

quier costo”. Las cuencas de los ríos Piracicaba, Capivari y Jundiá (PCJ), sufrieron con el impacto del proceso de industrialización, con aumento de la población y de la contaminación de sus ríos por la polución urbana y industrial. Para cambiar la situación crítica, de cara a los conflictos, ocurrió una unión de los políticos locales, usuarios y sociedad civil de la región para la gestión de los recursos hídricos, pese a las dificultades de las legislaciones federales y estaduais.

## PALABRAS CLAVE:

Geopolítica del agua, industrialización y polución, conflictos y gestión de los recursos hídricos.

# EL PROYECTO BINACIONAL CATAMAYO CHIRA UNA EXPERIENCIA DE BINACIONALIDAD, PARTICIPACIÓN Y EQUIDAD

Mercedes Alonso Segoviano y José Hermoza Jerí

## RESUMEN:

El Proyecto Binacional de Gestión de la cuenca Catamayo Chira en la frontera entre Perú y Ecuador, lleva seis años trabajando por la gestión compartida e integrada de una cuenca transnacional. El Proyecto tiene como objetivo contribuir a la gestión integrada de la cuenca a través de la formulación de un Plan de Ordenamiento, el apoyo a las iniciativas productivas y de formación técnica y el fortalecimiento institucional.

Además de haberse constituido en un elemento de integración tras la firma de la Paz entre ambos países, el Proyecto ha hecho énfasis en la gestión binacional, en la participación, en la gestión integrada de cuencas y en la inclusión del

enfoque de género, factores todos ellos que contribuyen a la gobernabilidad en la cuenca. Se ha sistematizado la experiencia de esta primera fase del Proyecto en torno a las lecciones aprendidas en estos factores y se cree que pueden aportar a futuras experiencias en contextos similares. Este año 2008 comienza la segunda fase del Proyecto que tendrá una duración de tres años y en la cual la implementación del Plan de Ordenamiento será el eje del trabajo.

## PALABRAS CLAVE:

Binacionalidad, participación, gestión integrada, equidad.

# EL PLAN DE ORDENAMIENTO, MANEJO Y DESARROLLO DE LA CUENCA CATAMAYO CHIRA, UNA EXPERIENCIA DE GESTIÓN BINACIONAL, PARTICIPATIVA Y EQUITATIVA

José Hermoza Jerí

## RESUMEN:

El Proyecto Binacional de Gestión de la cuenca Catamayo Chira en la frontera entre Perú y Ecuador, lleva seis años trabajando por la gestión compartida e integrada de una cuenca transnacional. El Proyecto tiene como objetivo contribuir a la gestión integrada de la cuenca a través de la formulación de un Plan de Ordenamiento, el apoyo a las iniciativas productivas y de formación técnica y el fortalecimiento institucional.

Además de haberse constituido en un elemento de integración tras la firma de la Paz entre ambos países, el Proyecto ha hecho énfasis en la gestión binacional, en la participación, en la gestión integrada de cuencas y en la inclusión del

enfoque de género, factores todos ellos que contribuyen a la gobernabilidad en la cuenca. Se ha sistematizado la experiencia de esta primera fase del Proyecto en torno a las lecciones aprendidas en estos factores y se cree que pueden aportar a futuras experiencias en contextos similares. Este año 2008 comienza la segunda fase del Proyecto que tendrá una duración de tres años y en la cual la implementación del Plan de Ordenamiento será el eje del trabajo.

## PALABRAS CLAVE:

Binacionalidad, participación, gestión integral, equidad.

# AVANCES EN LA INSTITUCIONALIDAD DE LA CUENCA DEL RÍO PILCOMAYO

Andrés Rodríguez y Claudio Laboranti

## RESUMEN:

La cuenca del río Pilcomayo, de aproximadamente 290.000 km<sup>2</sup>, abarca una importante región de recursos naturales de Latinoamérica, compartida por Argentina, Bolivia y Paraguay.

La cuenca tiene particularidades físicas notables y un incipiente grado de aprovechamiento de sus recursos hídricos que configuran una delicada problemática ambiental.

Ello ha determinado a los Gobiernos de sus Países a realizar esfuerzos que han tenido como meta promover la gestión integrada de los recursos hídricos de dicha cuenca en el marco del fortalecimiento de la integración de los países que la componen. Los han formalizado a través de la Comisión Trinacional para el desarrollo de la Cuenca del Río Pilcomayo, constituida en diciembre de 1995.

En los primeros años de su quehacer la Comisión Trinacional dedicó sus principales esfuerzos a incrementar y mejorar el conocimiento de los procesos físicos de la cuenca, de su realidad socio-económica y ambiental y el diseño de su futura institucionalidad.

En dichas actividades contó con la asistencia técnica y financiera de la Comunidad Europea a través del Convenio de Financiamiento ASR/B7-3100/99/136 en el "Proyecto de Gestión Integrada y Plan Maestro de la Cuenca del Río Pilcomayo".

El cumplimiento de la mencionada meta le planteó a la Comisión Trinacional el desafío de producir una evolución de su estructura institucional tal que le permitiera afrontar eficiente y eficazmente las actividades que demandaría la gestión integrada de sus recursos hídricos transfronterizos.

Se diseñó y consensuó una nueva estructura institucional, conformada por tres instancias diferenciadas y coordinadas. Entre las principales innovaciones de este esquema institucional figura la formalización de la participación de la comunidad en la gestión de los recursos hídricos de la cuenca.

## PALABRAS CLAVE:

Organismo de cuenca, institucionalidad, gestión de recursos hídricos.

# EL AGUA COMPARTIDA EN EL CONO SUR: EL CASO DEL PILCOMAYO

Arturo Liebers Baldivieso

## RESUMEN:

¿Es el Pilcomayo una Cuenca Compartida por Argentina Bolivia y Paraguay? ¿Son conscientes las Autoridades y los pobladores de la importancia del agua para lograr el desarrollo y la integración regional y borrar las líneas físicas establecidas en sus fronteras?

Una visión boliviana, plantea el debate en cuatro partes:

1. La situación de un país que por el dominio del agua afrontó tres guerras, perdiendo su acceso al Pacífico e importantes territorios de acceso a las cuencas Amazónica y del Plata. Muestra la voluntad Boliviana de respetar la normativa hídrica, el Tratado de la Cuenca del Plata y el Convenio Tri-nacional de Uso y Aprovechamiento del Pilcomayo.

2. La importancia de la cuenca superior del Pilcomayo generadora de los principales aportes hídricos de la cuenca, la erosión, arrastre de sedimentos y el déficit hídrico, fenómenos que causan la migración a centros urbanos cercanos y a la Argentina.

3. Los esfuerzos por conseguir la cooperación de la Unión Europea, concretados con la aprobación del Proyecto de Gestión Integrada y Plan Maestro de la Cuenca del Pilcomayo. Se analizan sus objetivos, resultados y la exclusión de proyectos de regulación, y factores (políticos, burocráticos y técnicos) que incidirán en los resultados y continuidad del Proyecto.

4. Se formulan conclusiones y recomendaciones para fortalecer y relanzar el Proyecto.

# HACER LA PAZ CON EL AGUA

Ricardo Petrella

## RESUMEN:

La presentación describe las razones que incitaron a la organización de Bruselas del 12 al 13 de febrero de 2009 la conferencia internacional “Hacer la paz con el agua” por el Foro Político Mundial (presidido por Mikhail Gorbachev), con el sostén de los grupos políticos del Parlamento Europeo, para la iniciativa del Instituto Europeo de Investigación sobre la Política del Agua (IERPE). En la segunda parte, aclara el objetivo principal de la Conferencia que consiste en la elaboración y aprobación de un proyecto de Protocolo Mundial

sobre el Agua, que pretende definir y hacer respetar los principio, los objetivos y las modalidades de garantía de acceso al agua a todos los habitantes de la Tierra en el marco de una utilización duradero, cooperativa, justa y solidaria del agua. Con este fin son mencionados los trabajos considerados de investigación, alimentar el contenido del Protocolo a partir de cuatro ejes temáticos. El documento termina con la una descripción sucinta de los grupos de trabajo puestos en escena, el tamaño de la Conferencia y la naturaleza de los participantes esperados.

# SOSTENIBILIDAD DE LA GESTIÓN DEL AGUA Y DESARROLLO SOSTENIBLE: TAREA INICIADA

Stela Goldenstein

## RESUMEN:

A partir de la transición democrática en Brasil se establecieron procesos descentralizados y participativos de gestión del agua. Las transformaciones habidas permitieron ampliar la transparencia en las decisiones, reduciendo el carácter tecnocrático que señala históricamente la gestión, tanto pública como privada, del uso del recurso natural. La participación de las autoridades municipales en las decisiones de interés regional trae cambios interesantes en su inserción, dejando clara la necesidad de revisar estrategias que orientan el conjunto de las políticas pública. Al mismo tiempo, la pre-

sencia de representantes de diferentes segmentos sociales y de interés en los comités de cuenca hidrográfica muestra tanto la fragilidad de tales representaciones, como las dificultades del poder público en recibirlas como verdaderas interlocutoras.

## PALABRAS CLAVE:

Representación, movimientos sociales, comités de cuenca, procesos de toma de decisión para la gestión del agua.

# GOBERNANZA Y GARANTÍA DEL “DERECHO AL AGUA”

João Bau

## RESUMEN:

Considerando que el agua “es esencial para la vida y la salud”, el Comité de derechos económicos, sociales y culturales de las Naciones Unidas reconoció expresamente en 2003 el “derecho al agua” como un derecho humano. Derecho al agua definido como “un abastecimiento suficiente, físicamente accesible y a un coste asequible, de un agua salubre y de calidad aceptable para los usos personales y domésticos de cada persona”. Esto significa que, además de la accesibilidad física del recurso, es necesario garantizar la accesibilidad financiera, es decir, permitir que el suministro de agua potable se garantice a precios asequibles para todos los ciudadanos en cantidades que aseguren el derecho a la vida. Admitiendo que compete a la responsabilidad social colectiva asegurar el respeto a este derecho, es preciso, pues, garantizar la existencia de mecanismos de solidaridad a escala local o regional, a escala nacional y a escala planetaria. Se discuten estos mecanismos, así como el conjunto de valores, principios y estrategias que deben sustentarlos.

En la declaración europea para una nueva cultura del agua se hace una breve referencia al concepto ampliado de “derecho al agua”. En efecto, además de garantizar el derecho individual al agua

para la vida, el agua como servicio medioambiental garantiza otros derechos sociales importantes. Cabe recordar estos derechos, puesto que el sistema de “libre comercio” establecido por la OMC representa el origen de las prácticas de dumping social y medioambiental, cuyas principales víctimas son las poblaciones y los países más empobrecidos. El derecho relativo a los ecosistemas del que depende nuestra existencia es una cuestión fundamental de nuestro tiempo. No se puede negar que garantizar la durabilidad de los sistemas acuáticos es una prioridad máxima. Una vez más, es importante debatir un método de buena gobernanza que sea la expresión de una nueva cultura de desarrollo sostenible.

En conclusión, exigimos una gobernanza del agua que responda a los problemas derivados de la falta de transparencia y de participación de las comunidades locales y que se fundamente principalmente en los principios de la ética social, la solidaridad, la igualdad, etc., dentro de un contexto de desarrollo sostenible.

## PALABRAS CLAVE:

Agua, derecho al agua, gobernanza del agua.

# LA GOBERNANZA Y LA GARANTÍA DEL DERECHO AL AGUA – LA EXPERIENCIA EN BRASIL Y LOS RETOS A SUPERAR

Manfredo Pires Cardoso

## RESUMEN:

La legislación de los recursos hídricos de Brasil es considerada una de las más avanzadas del mundo; las provincias federativas también tienen leyes similares proclamando fundamentos y involucrando a instrumentos de caracteres muy democráticos y estimuladores de la gestión integrada, participativa y descentralizada, lo que empuja la práctica de la buena gobernanza. La concepción y la institución del Sistema Nacional de Gestión de Recursos Hídricos, con la participación de los sectores gubernamentales en todos los niveles, de los usuarios del agua y de miembros de la sociedad civil, representa un factor muy importante para efectividad de la gobernanza y con eso proporcionar el acceso de la población al agua de buena calidad. Sin embargo, las diversidades re-

gionales de Brasil, principalmente las climáticas y sus efectos directos en los regímenes hidrológicos, por una parte, y la expansión demográfica urbana, por otra, asociadas a la insuficiencia de infraestructura hidráulica, impiden que la población se beneficie del justo derecho de acceso al agua. Los avances institucionales ya logrados y otros en curso son presentados juntamente con las experiencias exitosas en la gestión y para la ampliación de disponibilidad del agua.

## PALABRAS CLAVE:

Gobernanza, gestión integrada de recursos hídricos, experiencias brasileñas exitosas, infraestructura hidráulica.

# LA REVOLUCIÓN SILENCIOSA DE LA UTILIZACIÓN DE LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS: VENTAJAS E INCONVENIENTES

M. R. Llamas

## RESUMEN:

En la última mitad de siglo, la agricultura en los países más áridos y semiáridos ha experimentado una verdadera “revolución silenciosa” en el uso intensivo de las aguas subterráneas. Millones de agricultores de todo el mundo han decidido depender cada vez más de la fiabilidad de los recursos hídricos bajo tierra y, en consecuencia, sus países han cosechado abundantes beneficios sociales y económicos. A excepción de las regiones muy pobres, este incremento espectacular en el uso del agua subterránea está impulsado por motivos económicos: generalmente, el coste de la captación del agua subterránea sólo supone una pequeña fracción de la cosecha garantizada. En las regiones menos desarrolladas, el agua subterránea constituye probablemente la única alternativa viable para cumplir los objetivos de la Declaración del Milenio de Naciones Unidas.

Datos de varios países demuestran que el riego con agua subterránea ofrece una eficacia significativamente mayor que los sistemas de riego con agua superficial, lo que contribuye a lograr el objetivo de “más cultivos y empleos por cada gota”. Sin embargo, en las regiones industrializadas semiáridas y áridas, el objetivo es pasar a “más dinero y naturaleza por cada gota”.

Esta “revolución silenciosa” se ha llevado a cabo con un escaso control por parte de los organismos públicos del agua, y por ello se ha generado toda una serie de efectos indeseados en algunos lugares. Dado que éstos no justifican en absoluto los “hidromitos” dominantes y los paradigmas obsoletos que hablan de la fragilidad de las aguas subterráneas, la gestión adecuada de las aguas subterráneas sigue siendo un reto en todo el mundo. Esta conferencia ofrece una perspectiva general sobre estas cuestiones y concluye con la necesidad de educar a todas las esferas de la sociedad en la importancia de las aguas subterráneas y de crear asociaciones de usuarios de enfoque ascendente para gestionar los acuíferos como un recurso de uso común.

## PALABRAS CLAVE:

Uso del agua subterránea, revolución silenciosa, eficacia del riego, visiones mundiales sobre el agua, Objetivos del Milenio de Naciones Unidas, hidromitos, asociaciones de usuarios de aguas subterráneas.

# LA GESTIÓN DE AGUA SUBTERRÁNEA: UNA PROPUESTA DESDE LA PARTICIPACIÓN

Fernando López Vera

## RESUMEN:

La naturaleza hidrológica del agua subterránea, al encontrarse dispersa en grandes áreas y su fácil accesibilidad ha determinado que su aprovechamiento se realice de forma individual y de difícil control, dando origen a los dos problemas más graves que afectan a su sostenibilidad: la sobreexplotación y la contaminación por fertilizantes y pesticidas.

En una actuación sin precedentes, de abajo a arriba, partiendo de usuarios, técnicos, investigadores y personas en general vinculadas a las aguas subterráneas, se ha realizado una propuesta de modificación de la Ley de aguas y del Reglamento de dominio público hidráulico, en la que basándose en una gestión conjunta entre Administración y Usuarios, se establecen procedimientos para abordar ambos problemas.

# EVALUACIÓN Y PILOTAJE DE LA GOBERNABILIDAD DE CUENCAS: REFLEXIONES Y PROPUESTAS

Ricardo Sandoval

## Conferencia magistral

### RESUMEN:

La naturaleza gerencial de la crisis mundial del agua es un consenso en el ámbito de la gestión del recurso, la cual se identifica con el concepto de gobernabilidad, una propiedad de los diferentes ámbitos institucionales de gestión del recurso, susceptible de ser evaluada, mejorada y por ende, medida. De ahí, la idea de contar con índices agregados que permitan dar seguimiento al avance de la mejoría en la gestión hídrica mundial e incluso generar una incitación positiva para los países incluidos en las evaluaciones comparativas. En esta ponencia a partir de la revisión de las concepciones de gobernabilidad, su aplicación a la gestión hídrica, su relación con los enfoques subyacentes a los modelos usuales de planificación y gestión

del recurso, así como de las variaciones identificables en los diferentes discursos sobre la gobernabilidad del agua, se cuestiona la pertinencia y la utilidad concreta de los procedimientos de medición propuestos hasta la fecha, en términos de su coherencia conceptual y sus consecuencias potenciales. Los riesgos de generar percepciones sesgadas y efectos perversos son destacados. Se propone la exploración y el desarrollo de tableros de indicadores en el ámbito mundial y un modelo de pilotaje participativo de la gobernabilidad de cuencas en el ámbito local, con base en una reflexión y un diseño cuidadoso de los conceptos e instrumentos de la gobernabilidad, considerando la relación entre medios, recursos, procesos, proyectos e indicadores presión/estado/respuesta.

# PROYECTO ACUÍFERO GUARANI: LECCIONES APRENDIDAS

Luiz Amore

## RESUMEN:

El Proyecto para la Protección Ambiental y Desarrollo Sostenible del Sistema Acuífero Guaraní es una iniciativa de Argentina, Brasil, Paraguay y Uruguay que nace en 2003 y finaliza en enero de 2009, financiada con una donación del Fondo para el Medio Ambiente Mundial. El Proyecto ha alcanzado los objetivos que se proponía: construir una base común de conocimiento científico y técnico sobre el acuífero y una serie de instrumentos para su gestión que los países irán haciendo propios como insumo de política pública aún pendiente de formulación específica (red de monitoreo de pozos; mapa básico que abarca los 1,2 millones

de km<sup>2</sup> del acuífero; base de datos hidrogeológica con casi 10.000 registros de pozos; sistema de información del acuífero; modelos matemáticos de simulación, entre otros).

A la luz del conocimiento producido, que señala que la naturaleza física del acuífero demanda gestión local, y de la mano de los instrumentos generados que sólo pueden ser desarrollados a nivel regional, el desafío es continuar avanzando en la formulación de políticas de gestión no menos que en la conservación del marco de concertación y consenso regional que el Proyecto viene materializando.

# LECCIONES PRÁCTICAS DEL PLAN DE RECURSOS HÍDRICOS DE COSTA RICA

José Miguel Zeledón

## RESUMEN:

El Plan Nacional de Gestión Integrada es un instrumento esencial de la política de planificación y gestión de los recursos hídricos que, además, permite avanzar en el cumplimiento de los compromisos internacionales comunes para la comunidad iberoamericana. Ese texto se ocupa en ofrecer una visión panorámica de los criterios adoptados en Costa Rica para la elaboración de su Plan Hidrológico nacional, con énfasis en el principio de la cuenca hidrográfica como unidad de planificación, además de la gestión descentralizada y participativa y del reconocimiento del valor económico del agua.

# MEMORIA INSTITUCIONAL Y LEGAL DEL SECTOR DE RECURSOS HÍDRICOS EN GUATEMALA

Elisa Colóm de Morán

## RESUMEN:

En Guatemala, al igual que en todos los países del mundo, los recursos hídricos están sufriendo cambios negativos en cuanto a calidad y disponibilidad, lo cual ocasiona limitaciones de uso, cualquiera que sea este: humano, riego, hidroeléctricas e industria. Ese texto presenta una visión panorámica de la memoria institucional y legal de la planificación y gestión de los recursos hídricos en Guatemala, desde los primeros esfuerzos de hace alrededor de dos décadas, hasta la iniciativa de Ley para el manejo de los recursos hídricos al nivel de la cuenca hidrográfica, buscando explicitar las lecciones aprendidas en este proceso.

# EL TRIFINIO: UNA EXPERIENCIA TRINACIONAL DE GESTIÓN COMPARTIDA DEL AGUA: VISIÓN DE LA SECRETARÍA EJECUTIVA TRINACIONAL

Julián Muñoz Jiménez y Mario Buch

## RESUMEN:

En la Región del Trifinio, territorio compartido por El Salvador, Guatemala y Honduras, se dan las condiciones propicias para mostrarle al mundo que es posible compartir el agua con responsabilidad y equidad, que es posible mejorar sus condiciones en calidad y cantidad y con ello aportar a la conservación del agua, al mismo tiempo que avanzamos en la construcción de la Paz y la integración regional, por medio de la armonización del uso del agua en forma responsable por todas y todos los actores-usuarios de un recursos regional compartido.

La gobernanza en la cuenca transfronteriza del río Lempa ha partido con la firma de un Tratado entre los Gobiernos de los países lo cual ha sido vital, como instrumento político que respalda las intervenciones en el territorio y crea la institucionalidad legal- regional para desarrollar la coordinación interinstitucional de los tres gobiernos para beneficio del territorio. Y la cooperación para estas intervenciones hemos aprendido que debe ser

gradual, oportuna y adecuada, a fin de alcanzar una madurez, en que los países de algún modo van cediendo competencias de soberanía, a la que no están acostumbrados. Pues si la cooperación llega en un momento en el que el proceso político no está preparado, se pueden dar acciones de defensa de soberanía con la posibilidad de convertirse en un elemento disociador más que integrador.

Para una buena gobernabilidad del agua, es imprescindible abordar el tema del agua de manera integral y con un enfoque multisectorial, considerando propuestas de carácter económico, social, ambiental, institucional y en el caso de una región transfronteriza, debe considerarse el enfoque regional.

## PALABRAS CLAVE:

Cuenca transfronteriza, trinacional, aguas compartidas, mancomunidades, gobernabilidad del agua.

# GESTIÓN DEL AGUA EN UN ESTADO FEDERAL: LA EXPERIENCIA CANADIENSE

J. Owen Saunders

## RESUMEN:

Canadá se enfrenta a especiales retos como estado federal en la gestión de sus vastos recursos hídricos, muchos de los cuales son de naturaleza transjurisdiccional, compartidos con Estados Unidos o entre las provincias y territorios canadienses. Aunque el gobierno federal posee una extensa gama de palancas constitucionales potencialmente poderosas con las que influir en distintos aspectos de la gestión del agua, carece de la jurisdicción plenaria que le permitiría abordar la gestión del agua de una manera integrada. Según la Constitución canadiense, a las provincias se les confiere la mayor parte de la responsabilidad propietaria y legislativa para la gestión de los recursos naturales, incluyendo la gestión del agua, supeditada a algunos intereses federales concretos. No obstante, aún reconociendo la primacía de la función provincial, el nivel de gobierno federal ha adoptado una visión excesivamente modesta

de sus poderes. La reticencia federal a ejercer su autoridad en cuestiones hídricas que claramente revisten un interés nacional, en especial los cursos de agua transjurisdiccionales, ha dificultado posiblemente el desarrollo de regímenes eficaces de gestión de cuencas en Canadá. A medida que estas aguas se vean sometidas a una tensión creciente en las próximas décadas, sobre todo en vista de los previstos efectos del cambio climático, el fracaso continuado del gobierno federal a la hora de reivindicar su propio rol para articular el interés nacional respecto a la gestión del agua podría impedir la resolución efectiva de los retos emergentes en materia de gestión del agua.

## PALABRAS CLAVE:

Federalismo, legislación, gobernanza del agua.

# HERMANAMIENTO DE CUENCAS HIDROGRÁFICAS: UNA HERRAMIENTA PARA LA COOPERACIÓN

Jean François Donzier

Conferencia magistral

## RESUMEN:

Hay muchos tipos de hermanamientos (entre comunidades, escuelas, gobiernos), pero el tipo de hermanamientos que se tratan en este documento tienen que ver con “la gestión integrada del agua a nivel de cuenca hidrográfica”. Este hermanamiento significa establecer una relación entre dos (o más) organismos de cuenca (o similares entidades que gestionan el agua a nivel de cuenca) con el objeto de intercambiar conocimiento, aprender el uno del otro y reflexionar en torno a problemas similares.

A lo largo de la última década, en el contexto geopolítico de la Unión Europea o en el marco del desarrollo de los países en desarrollo, se han realizado muchos hermanamientos entre organismos de cuenca a fin de promover el intercambio y mejorar las prácticas relacionadas con la Gestión Integrada de los Recursos Hídricos (GIRH). Este documento trata sobre los avances y obstáculos que han experimentado los procesos de hermanamiento con el fin de contribuir al debate que se desarrollará en la Tribuna del Agua en Zaragoza.

# SDAGE DEL ADOUR-GARONNE

Vincent Frey

## RESUMEN:

El Plan Hidrológico (2010-2015) de la Cuenca Adur-Garona en el Sur Oeste de Francia tiene como objetivo lo de acatar los compromisos de la directiva marco europea sobre el agua (DMA). La preparación de este Plan se apoya sobre una *co-elaboración* de los documentos a nivel local (subcuencas). A pesar de este modo de trabajo pragmático y participativo, la complejidad del tema genera un espacio difícilmente franqueable, entre el “planificador” y el ciudadano. Sin embargo, la concienciación de las autoridades territoriales y de los ciudadanos será el punto clave para lograr las metas con el menor costo de inversión financiera.

# LECCIONES APRENDIDAS CON LA ELABORACIÓN DEL PLAN MAESTRO DE LA CUENCA DEL LERMA-CHAPALA

Enrique Aguilar Amilpa

## RESUMEN:

La cuenca Lerma-Chapala es de especial importancia para el México en términos económicos, sociales y políticos. Es fuente abasto de más de ocho millones de personas, la industria asentada en la cuenca contribuye con el 33% del PIB Industrial Nacional, la agricultura de riego contribuye significativamente a las exportaciones de este sector y ahí se desarrolla el 20% del comercio y los servicios del país. Por lo mismo, se presentan conflictos por el agua, problemas de contaminación, escasez que se recrudece por bajas eficiencias de uso e impactos ambientales de primer orden. Des-

de hace 20 años, se inició en la cuenca un proceso de planeación todavía inconcluso, alrededor de una objetivos central: rescatar el Lago de Chapala que es el lago natural más grande del país y se ve afectado por los usos aguas arriba de la cuenca. El proceso instituido es reflejo de cambios sustanciales en la vida política y democrática del país, con resultados positivos, aunque todavía limitados, pero con un gran valor por lo que representa en términos de su aporte al diseño nacional de políticas públicas participativas, con resultados concretos, pero con retos pendientes.

# PROBLEMÁTICA DE LA GESTIÓN DEL AGUA EN REGÍMENES DESCENTRALIZADOS POLÍTICAMENTE: EL CASO DE ESPAÑA

Antonio Embid Irujo

## RESUMEN:

En los regímenes descentralizados políticamente la problemática de la gestión del agua presenta unos signos característicos en relación a aquellos Estados unitarios. Conforme mayor es el grado de descentralización política, más fuertes suelen ser las competencias de las partes del Estado descentralizado sobre el agua. Cuando se superpone a la división política la división natural de las cuencas hidrográficas, se plantean algunos retos de gestión difíciles de superar, pues en muchas ocasiones las cuencas superan en extensión al territorio de los estados (provincias, regiones), no siendo posible en algunos países la gestión de cuencas comunes más que a través de acuerdos semejantes a los tratados internacionales. En España se ha alcanzado una solución consistente en atribuir al Estado la gestión de las cuencas que

abarcen el territorio de más de una Comunidad Autónoma y a éstas la gestión de las cuencas que se encuentran íntegramente en su territorio. No obstante, se trata de una solución sometida a tensiones y en la que las últimas reformas de algunos Estatutos de Autonomía plantean nuevos retos de gobernación. Cuestión problemática en estos regímenes políticos es siempre la de la transferencia de recursos hídricos (trasvases de agua) lo que lleva consigo conflictos territoriales en algunos casos de importante magnitud.

## PALABRAS CLAVE:

Competencias, Comunidades Autónomas, cuenca hidrográfica, organismos de cuenca, transferencias de agua entre cuencas hidrográficas.

# AGUAS COMPARTIDAS, BENEFICIOS COMPARTIDOS

Ashok K. Subramanian

## RESUMEN:

La gestión de aguas transfronterizas ha sido objeto de experimentación, del desarrollo de proyectos piloto y estudio en muchas partes del mundo. Organizaciones regionales y nacionales se han establecido para construir espacios de confianza entre los países y sus líderes, para compartir conocimiento e información y planificar e implementar proyectos en los cuales se puedan compartir beneficios y costes. Muchos esfuerzos realizados han evidenciado de que el conflicto y la ausencia de gestión cooperativa son caros, generan inconvenientes y pueden interferir con los esfuerzos para mitigar el sufrimiento humano, reducir la degradación ambiental, y conseguir crecimiento económico.

Hay 263 ríos en el mundo que atraviesan las fronteras de dos o más naciones, y un incalculable número de acuíferos internacionales o cuyas aguas son compartidas. Por ello, en muchas partes del mundo, el potencial para el conflicto todavía exis-

te, y las partes involucradas todavía no han empezado la evaluación de los incentivos para la cooperación regional o no han empezado de manera sistemática el diálogo para explorar las mejores formas para compartir el agua como recurso único. ¿Qué podrían aprender estos países de las experiencias alcanzadas en otras cuencas hidrográficas?

En esta sesión muchos expertos y actores clave en las cuencas hidrográficas compartirán sus experiencias en el contexto africano y formularán una serie de recomendaciones, es decir, definiendo los pasos necesarios para identificar los incentivos para poner juntos a los países y a los principales actores del agua, incluyendo a los usuarios, entorno a la mesa de diálogo, para evaluar los aspectos positivos y las contraindicaciones relativas a esos incentivos y para debatir y negociar en cada caso las posibles soluciones que satisfagan a todas las partes (soluciones que permitan un contexto de ganar – ganar)

# PROMOCIÓN DE LA SEGURIDAD Y LA COOPERACIÓN EN CUENCAS HIDROGRÁFICAS

Bernard Snoy, David Swalley, Saba Nordstrom y Raul Dausa

## RESUMEN:

Compartir los recursos hídricos entre dos o más países puede ser una fuente de conflictos potenciales. La gestión conjunta de esas aguas es una medida de prevención de conflictos óptima. Por este motivo, la Oficina del Coordinador de Actividades Económicas y Medioambientales de la OSCE (OCEEA) ha desarrollado una serie de actividades en las cuencas hidrográficas de Dniester (Europa del Este), Chu-Talas (Asia Central) y Kura-Araks (Cáucaso Sur).

La OSCE ha demostrado ser un interlocutor válido en el ámbito de la gestión del agua, y ha prestado ayuda a sus Estados participantes para firmar convenciones y acuerdos internacionales,

y facilitar el diálogo entre los Estados ribereños desarrollando proyectos orientados a reforzar la cooperación en ese campo.

Los ejemplos de los proyectos ya desarrollados por la OSCE en materia de gestión del agua tienen como objetivo las etapas de prevención y resolución de conflictos, así como rehabilitación posterior a los conflictos.

## PALABRAS CLAVE:

OSCE, OCEEA, seguridad, cooperación, cuenca hidrográfica, conflicto, prevención, resolución, Europa del Este, Asia Central, Cáucaso Sur, Dniester, Chu-Talas, Kura-Araks.



Semana Temática 5

# SERVICIOS DE ABASTECIMIENTO Y SANEAMIENTO

Marco regulador e institucional  
Sociedad y nivel de servicio  
Eficiencia gestión y desarrollo

# Agradecimientos

Es obligado reconocer y agradecer la participación de las siguientes personas en el desarrollo de la Semana Temática sobre Servicios de Abastecimiento y Saneamiento, sin los que no hubiera sido posible ni habría tenido la calidad que se exhibe en estas páginas.

En primer lugar agradecer a los colaboradores en la coordinación de la Semana Pedro García Mayordomo de Canal de Isabel II y Sici Sanchez Tamarit del Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino.

Agradecer muy especialmente la labor de todo el equipo de Tribuna del Agua: a Eduardo Mestre y Carlos Rodríguez Casals, que dirigieron y coordinaron todo el proceso, así como a voluntarios, polivalentes, técnicos de sonido y cámaras, regidores, jefes de turno y responsable del Pabellón de Tribuna, responsables de los diferentes Departamentos, asesores y colaboradores externos, personal administrativo, sin olvidar a los que se quedaron en el camino, y en general a todos los que han formado parte del equipo humano de Tribuna del Agua. Hicieron mucho más que facilitar el desarrollo de la semana.

Agradecer la labor de los moderadores de sesiones, mesas redondas y panelistas que enriquecieron y dieron vida a los contenidos de la semana cuyo trabajo no se detalla en este documento por no haberseles pedido documentación escrita de su participación, los cuales señalamos a continuación:

- Pierre-Yves Monette, Secretario General EUREAU
- Manuel Marchena, Consejero Delegado EMA-SESA, España
- Dominique Demessence, Director de Clientes, Agbar Agua, España
- José De Castro, Gerente, AEAS, España
- Ventura Bengoechea, Especialista Líder en Agua y Saneamiento, África Oeste y Central, Banco Mundial
- Manuel G. Mariño, Especialista Líder en Agua y Saneamiento, Unidad urbana, Región Latinoamérica

y Caribe, Banco Mundial

- Enrique Hernández, Director de Gestión de Servicios, Aqualia
- Frederic Certain, Consejero Delegado, Veolia Agua
- Erasmo de Alfonso, Consejero Senior, Aquafed
- Gustavo Saltiel, Líder Sectorial para México, Departamento de Desarrollo Sostenible de América Latina, Banco Mundial
- David Sislen, Líder Sectorial para Colombia, Departamento de Desarrollo Sostenible de América Latina, Banco Mundial
- Carlos Velez Economista Líder, Departamento de Desarrollo Sostenible de América Latina, Banco Mundial

Señalar también y agradecer su destacada participación en la sesión del Global Development Learning Network del 15 de julio de 2008 a las siguientes personas:

- Meike van Ginneken, Sr. WSS Specialist, ET-WWA, World Bank
- Karen Sirker, Social Development Specialist, WBISD, World Bank Institute
- Dario Urbina. Puerto Cortes. Gerente Técnico, Municipalidad de Puerto Cortés.
- Carlos Alza, Adviser of the National Ombudsman Office and former Deputy Ombudsman for Public Utilities and Environment
- Nicolas Meyer. World Bank Institute
- Thomas P. Pitaud. World Bank Institute

Por último, agradecer muy especialmente a AEAS, EUREAU e IWA su colaboración y apoyo al evento.

Francisco Cubillo  
Coordinador

# Introducción

Durante los días 15 al 18 de Julio de 2008 tuvieron lugar, en el marco de La Tribuna del Agua de EXPO ZARAGOZA 2008, las jornadas sobre “Servicios de Abastecimiento y Saneamiento”, coordinadas por Francisco Cubillo de Canal de Isabel II, donde se dieron cita 42 ponentes y cerca de 400 expertos en la materia, provenientes de más de 32 países. La representación cubrió un amplio espectro de puntos de vista, conocimientos, experiencias y responsabilidades lo que contribuyó a interesantes posicionamientos y a animados y enriquecedores debates y recomendaciones.

El objetivo común fue el de dialogar, reflexionar de forma conjunta e identificar los principales retos actuales y futuros en la gestión del agua urbana, para finalmente señalar las posibles soluciones que contribuyan a un uso sostenible del recurso y una gestión eficiente de los servicios de abastecimiento y saneamiento y, muy especialmente, para que sea posible que el conjunto de la población del planeta haga realidad su derecho al acceso al agua potable y al saneamiento de las aguas usadas, cumpliendo los Objetivos de Desarrollo del Milenio.

La semana se enfocó al análisis de la problemática de la prestación de los servicios de agua y saneamiento en el entorno urbano, así como a la identificación de las soluciones capaces de conjugar la satisfacción de los requisitos y compromisos con la sociedad, los planteamientos de sostenibilidad, y la búsqueda de la eficiencia en el cumplimiento de los estándares establecidos en los marcos legales, reguladores o simplemente en las metas de buenas prácticas de los responsables de la gestión de los servicios.

El problema se abordó siguiendo una estructura de cinco ejes principales de análisis:

- ▶ El marco regulador e institucional de los servicios urbanos de agua.
- ▶ Expectativas de la sociedad y nivel de servicios.
- ▶ Foro de los buenos ejemplos.
- ▶ Capacidad tecnológica, condicionantes y soluciones.
- ▶ Eficiencia como paradigma para el ciudadano, las prácticas de gestión y el desarrollo.

La participación y planteamientos se caracterizaron por la diversidad de posicionamientos, puntos de vista y experiencias.

El análisis se realizó con un notable apoyo en las experiencias de gestión actuales, con debates sobre las buenas prácticas y ejemplos sin ocultar los puntos débiles, vulnerabilidades y las grandes barreras.

Se incluyeron:

- ▶ Experiencias y posicionamiento de las instituciones y entidades financieras, de los organismos reguladores y las entidades reguladas que operan bajo los diferentes modelos entre la gestión pública y privada.
- ▶ Iniciativas y estrategias de las agencias internacionales y los planteamientos a nivel nacional o local en la amplia panoplia de niveles de desarrollo existentes en el mundo.
- ▶ Posicionamiento de las agencias que marcan el contexto ambiental en el que prestar los servicios junto con los objetivos a perseguir en las planificación de los recursos hídricos y sus diferen-

tes formatos de asignación y reparto, a las entidades que suministran el agua o de niveles de vertido a los que se responsabilizan del saneamiento.

► Puntos de vista, implicación y expectativas de las entidades que representan a los agentes sociales y de las empresas y organismos que desempeñan y desarrollan las tareas que permiten el cumplimiento de todos los servicios vinculados al suministro de agua y su posterior saneamiento y devolución al medio natural.

El debate se consiguió en el rigor de los análisis y con la aportación de los conocimientos que permite la experiencia en la práctica de la prestación de los servicios en diferentes contextos, sociales, económicos y ambientales, y los enfoques científicos y tecnológicos que buscan y estudian nuevas soluciones. Las opiniones y experiencias de los participantes se vieron complementadas por las de los asistentes, que durante el debate completaron el análisis y facilitaron las conclusiones y recomendaciones en cada sesión y tema.

Se trató de los objetivos y planes existentes en los ámbitos internacionales y regionales apoyados en estudios de caso a nivel nacional y local en el Foro de buenos ejemplos.

Se expusieron experiencias en los procesos de información y participación pública en el establecimiento de niveles de servicio, preferencias y disposición social en la seguridad y protección en términos de riesgos asumibles así como el análisis de la factibilidad, plazos y costes de su consecución.

Se expusieron y analizaron iniciativas en la integración de gestión de los procesos comerciales vinculados a la prestación de los servicios y la medida de la satisfacción de los clientes, así como la eficacia de las medidas para incentivar y promover cambios en los hábitos de uso y consumo de agua que exigen las nuevas políticas orientadas a la demanda y el compromiso ambiental.

Se puso un especial énfasis en la tecnología, en sus capacidades actuales y en las soluciones que puede aportar. Se expusieron algunos de los

grandes avances conseguidos en los últimos tiempos en el tratamiento de agua y residuos, en el incremento de las disponibilidades de recursos aptos para su uso y consumo y en la regeneración de aguas residuales para su posterior reutilización. También se expusieron soluciones adaptadas a las peculiares condiciones del medio rural y los contextos de bajos ingresos.

En el apartado de la eficiencia se abordaron los nuevos paradigmas con mayores pesos de los factores ambientales y sociales, que obligan a revisar las estrategias anteriores y a asegurar el cumplimiento de los nuevos requisitos manteniendo los adecuados resultados económicos para las entidades responsables de la gestión. También en este eje se presentaron ejemplos de todos los continentes con varios modelos de gestión que permitieron hacer una valoración de la consecución de la eficiencia en la prestación de servicios en diferentes entornos urbanos.

Se trató de la necesidad de una gestión estratégica de las infraestructuras urbanas relacionadas con el agua, de su planificación, de su gestión, de su eficiencia productiva, de las pérdidas reales y aparentes, de los episodios extremos de escasez y avenidas, de la prevención y gestión de los riesgos que implican, de la seguridad, como requisito que ha adquirido gran relevancia en los últimos tiempos, de la afección al medio ambiente acuático, de la gestión de la demanda como alternativa para conseguir la pretendida garantía de suministro y servicio seguro y de calidad.

En resumen se pasó revista a toda la problemática vinculada a la prestación de los servicios de abastecimiento y saneamiento en el entorno urbano para mejorar el conocimiento sobre la materia, desde el intercambio de experiencias y opiniones.

El presente documento recoge la documentación escrita disponible sobre las ponencias realizadas, junto con un informe de síntesis y conclusiones redactado y conciliado por un grupo de expertos seleccionados entre los participantes y relatores.

# Documento de síntesis

Coordinador: **Francisco Cubillo González**

El presente apartado de síntesis y el siguiente de conclusiones reflejan, en la opinión del comité responsable de su elaboración, el resultado de los debates y presentaciones que tuvieron lugar durante la Semana Temática 5 de la Tribuna del Agua.

En la elaboración de estos apartados han participado:

- ▶ Frederic Certain, Veolia Agua.
- ▶ Francisco Cubillo, Canal de Isabel II.
- ▶ Erasmo de Alfonso, Aquafed.
- ▶ José de Castro, AEAS.
- ▶ Gerard Payen, UNSGAB.
- ▶ Joaquín Pérez-Novo, Veolia Agua.
- ▶ Fernando Rayon, AGBAR Agua.
- ▶ Nicolas Renard, Veolia EAU.
- ▶ Sici Sánchez, Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino.
- ▶ Thomas van Waeyenberge, Aquafed.

## 1. RETOS ACTUALES DEL AGUA

En un planeta en el que el 20% de la población mundial no tiene acceso al agua potable, la mitad no tiene acceso a un saneamiento adecuado y unos 3 mil millones de personas no tienen un punto de acceso al agua en su proximidad, el reto primordial es paliar y resolver dicha situación. Se han tomado iniciativas notables en línea con lo establecido en los Objetivos del Milenio, pero el progreso para conseguirlo está resultando más lento de lo deseado, a pesar de lo mesurado de los

planteamientos de dichos objetivos que no incluyen expectativas de las sociedades más desarrolladas como la calidad, disponibilidad y fiabilidad del agua y saneamiento.

Sin saneamiento, las condiciones de higiene son catastróficas y el número de enfermedades infecciosas muy elevadas. Se estima que estas últimas son responsables de la muerte de más de 2,5 millones de personas en el mundo cada año. La falta de agua y saneamiento es indicador de pobreza y genera mucha más pobreza.

**El derecho al agua y al saneamiento es fundamental para asegurar el derecho primordial a la vida.**

Además del reto básico del cumplimiento de los Objetivos del Milenio se han identificado cinco retos, que revisten igual importancia:

- Disponibilidad de recursos y cambio climático
- Aumento demográfico y concentración en ciudades
- Gobernabilidad del agua y marcos institucionales
- Financiación de los servicios del agua
- El imperativo de la eficiencia integral

▶ **Disponibilidad de recursos y cambio climático.**

La Tierra, tiene apenas un 5% de sus recursos hídricos constituidos por aguas dulces (vertientes, ríos y capas freáticas). De este 5 %, sólo el 0,3%

es de fácil acceso. El resto se halla atrapado en los casquetes polares y en los glaciares. Este pequeño porcentaje se reparte de forma desigual por el planeta y es también desigual su distribución a lo largo de las estaciones. El cambio climático está alterando esa irregular distribución y apunta a reducciones de recursos en muchas zonas con grandes consumos y crecimientos vertiginosos, con lo que los territorios con escasez de agua proliferan cada vez más en el planeta. La contaminación de los recursos hídricos como consecuencia de la actividad humana afecta al uso potencial del agua para muchos fines, reduciendo su disponibilidad o encareciendo su utilización ulterior.

El agua es un elemento finito que se renueva a escala planetaria y se manifiesta en diversas formas y ubicación. Su precio suele estar subvencionado y, a diferencia del petróleo, no justifica el transporte a grandes distancias, lo cual condiciona la disponibilidad en algunas concentraciones urbanas a los costes y precios que establecen las autoridades locales.

**Los recursos accesibles disponibles se están reduciendo por el aumento de las presiones sobre ellos y por la incidencia del cambio climático.**

#### ► **Aumento demográfico y concentración en ciudades**

Hoy habitan el planeta 6 mil millones de seres humanos, cuando hace tan sólo 40 años eran 3 mil millones. Según el último informe sobre evolución de la población de la ONU, en los próximos 40 años, se superarán los 9 mil millones de personas sobre la tierra. Nunca en toda la historia de la humanidad el crecimiento de la población había sido tan rápido, aunque aparezcan algunos signos de estabilización, y nunca había existido una diferencia tan notable de calidad de vida entre las regiones de la Tierra.

En 2008 la mitad de la población, es decir, más de 3 mil millones de personas, viven en las ciuda-

des, la mitad de las cuales se encuentran en los países menos desarrollados. Las previsiones señalan el mantenimiento de esta tendencia lo que se traducirá en el aumento de las ciudades y zonas periurbanas ocupando territorio actualmente destinado a cultivos y bosques.

Además se está produciendo un movimiento migratorio imparable hacia las zonas costeras. Hoy un 20 % de la población mundial vive a menos de 25 km de la costa y un 40 % a menos de 100 km, donde las fuentes de agua son más escasas y difíciles de aprovechar, a no ser que se consideren opciones de desalación, que, aunque eficaces, son actualmente grandes consumidoras de energía, con lo que su coste de operación hace inviable muchas veces su utilización en los países de economías poco desarrolladas.

**La creciente urbanización del territorio y el aumento de población en las ciudades dificultan cada vez más la conjunción de oferta y demanda y concentran los impactos sobre las masas de agua.**

#### ► **Gobernabilidad del agua y marcos institucionales**

La condición del agua como servicio público es un aspecto prioritario para las autoridades competentes. Le otorga notoriedad en los programas políticos y es origen en muchos casos de desencuentros y conflictos de competencias y gobernabilidad entre los agentes y entidades que gestionan el ciclo integral del agua, en particular en el ámbito urbano donde el calado social de la gestión es mucho mayor. Todo ello se traduce en impedimentos para la eficiencia que siempre terminan repercutiendo en el ciudadano y el medio ambiente y dificultan los planteamientos orientados a los horizontes de medio y largo plazo.

Por todo ello se han de tener en cuenta las siguientes premisas:

- El uso del agua como un arma política va en detrimento de la población.

- Las aspiraciones ideológicas no deberían arriesgar los objetivos principales de “satisfacción de los usuarios”, y “efectividad y eficiencia en la prestación del servicio”.

- Las políticas referentes al agua de los diferentes gobiernos no son suficientemente ambiciosas en lo relativo al desarrollo del acceso al agua y al saneamiento.

En el gobierno del agua, muchas de las autoridades públicas responsables de los servicios de agua y saneamiento son locales y esta tendencia aumenta debido al avance de la descentralización. En muchas ocasiones estas entidades no cuentan con los recursos humanos, técnicos y financieros necesarios para hacer frente a esta responsabilidad, lo cual repercute en la calidad y viabilidad de los servicios prestados.

El solape de competencias y la indefinición clara de roles y de todos los agentes involucrados en la gestión del agua dificultan considerablemente la implantación de las medidas necesarias para hacer frente a los retos emergentes, propiciando la aparición de conflictos por el uso y la redistribución del agua. La existencia de organismos reguladores debidamente dotados que garanticen criterios técnicos e independientes de funcionamiento, y control debería facilitar la generalización de servicios de calidad.

De igual forma, y cada vez más, es necesario contar con la participación pública (asociaciones de consumidores, profesionales y sociedad civil en general) para conocer las preferencias y percepción de los servicios de aquellos que los reciben y para asegurar una buena gestión y el buen gobierno del agua. Falta avanzar en la información y transparencia y en la implantación de mecanismos ordenados para incorporar la participación pública en los procesos de planificación y prestación de los servicios urbanos de agua. No obstante, es patente la facilidad con que los asuntos del agua

son utilizados demagógicamente. Por ello, en el fomento de la participación pública es preciso diseñar con mucho cuidado los mecanismos necesarios para evitar que se manipule la opinión pública.

En la mayoría de los países falta una legislación básica al respecto, en otros en los que existe es necesario adaptarla al contexto socioeconómico y técnico específico, que sirva de referencia para la prestación de los servicios de agua.

**Las carencias y dificultades normativas, institucionales y de capacidad técnica para el gobierno del agua hace muy difícil atender de forma eficaz y eficiente las expectativas ciudadanas de estos servicios. A pesar de lo cual existen muchos y variados ejemplos de buen funcionamiento de estos servicios.**

### **Financiación de los Servicios del Agua.**

Como regla general debe primar el principio de “el agua paga el agua”. La recuperación de todos los costes de los servicios derivados del acceso al agua y del deterioro ambiental que se produce deben financiarse con el pago de los usuarios. Hoy en día nos encontramos muchos casos en los que no se atiende al principio de recuperación de costes o que el agua sirve para la financiación cruzada de otros servicios o actividades diferentes. Esto va en detrimento del aseguramiento futuro de las inversiones y produce una descapitalización del patrimonio hidráulico, comprometiendo en definitiva la calidad de los servicios prestados.

De igual forma, no se puede exigir el pago de unos servicios que el usuario no pueda sufragar, especialmente cuando se trata de servicios imprescindibles para la vida. Los modelos tarifarios no se adaptan a la realidad socioeconómica de muchos países, y aunque la gratuidad del agua es un grave error, se debe avanzar en el concepto de

solidaridad entre usuarios y de subvención parcial o total de los servicios a los más necesitados. Las soluciones implantadas con éxito en algunos países no son aplicables en otros con diferentes contextos culturales o económicos. Pero en todo caso, conviene no olvidar que una cosa es la política tarifaria del agua, y otra la política de redistribución de la riqueza. Así como es razonable que no se utilicen las tarifas del agua para financiar otros servicios o actividades, también lo es que no se utilice la política tarifaria del agua para redistribuir la riqueza, lo que corresponde a la política fiscal de los gobiernos. Los subsidios para garantizar el acceso al agua a los más necesitados, deberían ser consecuencia de la política fiscal y no de la tarifaria y, en todo caso, definirse de forma que no incentiven el derroche del agua ni condicionen o comprometan el desempeño técnico ni económico de la prestación del servicio.

**Sin una financiación a largo plazo viable y recuperable por el agente inversor, sea público, privado o mixto, de nada valdrán las buenas intenciones para asegurar el derecho al acceso al agua.**

#### ► El imperativo de la eficiencia integral

En un mundo en el que se reconoce cada vez más la condición de global de un buen número de procesos y fenómenos, la gestión de un recurso como el agua y su puesta a disposición y uso para los que habitan las ciudades tiene que tratarse con planteamientos integrales. La gestión del agua para el uso humano es un ejercicio de alteración del ciclo natural que hace posible el desarrollo y reporta enormes ventajas a la sociedad pero también implica afecciones importantes al medio natural y requiere el uso de energía en cuantías cada vez mayores para atender a la concentración de la población en ciudades y los también en aumento requisitos de calidad, fiabilidad y continuidad de los servicios urbanos. Las alternativas para atender a los requisitos emergentes tienen que ser eficientes en términos económicos, ambientales y sociales y su consecución sólo es posible si en los análisis de los diferentes sistemas de suministro y

saneamiento se consideran de forma integral todos los factores que lo condicionan de forma significativa y determinan su continuidad de forma sostenible.

**La planificación y gestión de los servicios urbanos de agua tiene que plantearse con el enfoque integral de sus implicaciones ambientales, energéticas, económicas y sociales y desde una óptica de eficiencia global sostenible.**

## 2. SOLUCIONES

Las soluciones se han planteado desde el análisis de los retos identificados y de la oportunidad que representa afrontarlos.

### ► Disponibilidad de recursos y Cambio Climático

Hay que destacar, en todo caso, que en la mayoría de los países de la Tierra, el agua para abastecimiento urbano no llega a representar el 15% del consumo total de agua, por lo que cuando se analicen los problemas relacionados con la falta de recursos o con los impactos ambientales derivados de su extracción, al agua urbana no le corresponde más que esa cuota de responsabilidad. Por ello, la solución de los problemas de falta de recursos de agua para abastecimiento urbano hay que buscarla, en muchos casos, en ámbitos externos al propio abastecimiento urbano.

El aseguramiento de la disponibilidad de los recursos en las condiciones adecuadas debe empezar por la protección de las fuentes existentes frente a la contaminación y el deterioro consecuencia de un uso inadecuado. La utilización de los mismos en cascada de acuerdo a los requisitos de cada uso en términos de calidad del agua y costes energéticos de operación es un principio que conduce a las soluciones más eficientes en cada caso.

El reparto de lo disponible en cada horizonte y escenario considerado debe conjugar los requisitos ambientales (como vía para la sostenibilidad y la utilización posterior) y los de prioridad e importancia para cada territorio y sociedad, siendo en todos los casos prevalentes los usos esenciales del abastecimiento y saneamiento urbanos, seguidos de los que condicionan la actividad económica de un territorio que también suele concentrarse en los ámbitos urbanos y periurbanos. Las situaciones de contingencia o insuficiencia por escasez o sequías resaltarán las prioridades de uso y pondrán de manifiesto el potencial de los intercambios y transferencias de derechos de uso entre los sectores urbanos y agrícolas, tanto en condiciones coyunturales como en marcos estables de reasignación de recursos.

La eficiencia en el uso del recurso debe ser un indicador fundamental a la hora de valorar opciones de reasignación de recursos y de disponibilidades globales sin ignorar en la búsqueda opciones de mejora cuya consecución no tiene por que ser inmediata ni barata.

El cambio climático puede alterar las condiciones de disponibilidad de recursos, lo cual debe tenerse en cuenta al planificar la evolución de los sistemas urbanos, reforzando los principios de valoración y gestión de riesgos de insuficiencia y mejorando los procedimientos de adaptación ante posibles escenarios que no se hayan podido prever y sea necesario afrontar.

Las pérdidas de agua en los sistemas de abastecimiento urbano y de regadío pueden ser un volumen potencial importante de recuperación de recursos, que en términos relativos equivalentes supondrán aportaciones más cuantiosas en el caso de los sistemas de riego. No obstante es importante no confundir las pérdidas de agua reales en las infraestructuras con las pérdidas aparentes debidas a equipos o procedimientos de control y medida indebidos o a fraudes ignorados. Así, una vez

evaluadas con precisión las pérdidas reales, es necesario asegurarse de que su reducción es factible económica y ambientalmente en los horizontes y escenarios considerados y respecto a otras alternativas posibles. También es importante comprobar, al tratarse de volúmenes significativos de agua como es el caso de las iniciativas de mejora de los regadíos, que no se están generando afecciones ambientales que desaconsejen su implantación.

Siendo todos los recursos, tradicionales y alternativos, herramientas válidas para asegurar el derecho al acceso al agua y su disponibilidad en cantidad suficiente, los nuevos recursos alternativos, desalación y regeneración de aguas, son una buena vía para la protección del recurso natural tradicional. Su futuro dependerá de su viabilidad energética, con sus implicaciones ambientales y de incrementos de coste totales, y de su aceptación social. El agua residual es un componente del balance hídrico que aumenta con la urbanización y el crecimiento económico. La reutilización y la desalación permiten disponer de un recurso con menos incertidumbre, localizado en el propio territorio y sin limitaciones por concurrencias políticas, sean nacionales o internacionales.

**La mejora de la eficiencia en todos los sistemas hídricos debe ser una alternativa previa a considerar al valorar la movilización de recursos, pero no se debe excluir ningún tipo de opciones que satisfagan los requisitos de sostenibilidad. Los recursos alternativos suponen cambios en los paradigmas de uso del agua y la energía y deben ser considerados igualmente, aunque haya que promover su aceptación social.**

#### ► Aumento demográfico y concentración en ciudades

La mejor opción para reducir las migraciones de las zonas rurales a las ciudades, y del interior a la zona costera, es desarrollar las posibilidades de

futuro y oportunidades en las zonas de emigración, incluyendo el acceso al agua.

Las autoridades del agua deben trabajar codo con codo con los planificadores urbanísticos y de modelos territoriales para integrar desarrollo y sostenibilidad.

**Primero debe asegurarse la viabilidad medioambiental del suministro de agua y su saneamiento, después promover una urbanización habitable y sostenible.**

### ► **Gobernabilidad del agua y marcos institucionales**

Asegurar el derecho al agua y saneamiento es responsabilidad de los políticos y gobiernos. Estos deben planificar la política del agua para el largo plazo y avanzar hacia un discurso racional y responsable, capaz de conjugar las expectativas de soluciones inmediatas que comparten ciudadanos e instituciones con la imposición de planteamientos estratégicos a largo plazo que impone la realidad de un mundo global.

Dado que el agua es, y será, una materia politizada, los expertos del agua deben formar e informar convenientemente a los políticos sobre los retos actuales y futuros del agua, para habilitarles convenientemente frente a la toma de decisiones.

**El agua es un recurso común y como tal una cuestión de Estado.**

Los retos, condiciones de contorno, coste, precio, y en general cualquier cambio, deben ser comprendidos y aceptados tanto por la población como por los responsables políticos. Deben utilizarse mecanismos útiles y eficaces para mejorar la participación ciudadana. Ningún cambio será sostenible si no lo comparte la ciudadanía. Cuando el cambio es necesario la sociedad lo acepta si

ha sido bien informada y se ha implicado en las decisiones.

Todos los usuarios, interesados y el público en general deben participar en el diálogo para la toma de decisiones: asociaciones de usuarios domésticos, industriales, agrícolas, civiles, y políticas,. Dejar que todo el mundo se exprese y aporte lo que estime conveniente es la base para una comprensión de las decisiones a tomar. Con todo ello, es importante cuidar la información veraz, prevenir la demagogia y evitar el bloqueo sistemático de la toma de decisiones necesarias.

**La participación pública es un factor clave en la política del agua.**

Aunque las responsabilidades de los servicios de abastecimiento y saneamiento sean de competencia local en muchos países, las autoridades nacionales o regionales deben mantener su responsabilidad a la hora de promover el marco legal, técnico, y financiero que asegure la correcta y eficiente prestación de los servicios. En estos casos, las autoridades centrales, deben garantizar que los servicios locales cuentan con todos los mecanismos necesarios para proveer al ciudadano un servicio seguro y eficiente.

Aunque la responsabilidad de la prestación de los servicios de Abastecimiento y Saneamiento sea municipal, las “unidades de gestión” no siempre deben coincidir con este ámbito. La dispersión de las captaciones, la configuración orográfica y topológica de los núcleos habitados a servir o el pequeño tamaño de las unidades gestoras aconseja y obliga en ocasiones, a que las unidades de gestión sean supramunicipales, tales como las Empresas Sanitarias Regionales, Consorcios o las Unidades optimas de Gestión en Italia. La creación de entes supramunicipales, es una solución cada vez mas aplicada para mejorar la gobernabilidad y la eficiencia.

**La descentralización de competencias no debe significar el abandono de la coordinación global tanto a nivel estatal como en el ámbito de gobierno natural del agua que, en lo que a la planificación y gestión de los recursos de agua se refiere, es la Cuenca Hidrográfica.**

Las autoridades políticas, las entidades financieras, y los operadores tienen cometidos y roles diferentes en la gestión del agua. Todos los operadores, sean públicos o privados, necesitan objetivos claros y un sistema de control y seguimiento de sus actividades justo, bajo reglas y condiciones de prestación de los servicios conocidas por todos. Los contratos que reglamentan la prestación del servicio son siempre beneficiosos para usuarios, autoridades y operadores.

Una regulación transparente, justa, estable y adecuada es un factor clave para asegurar el éxito de cualquier modalidad de gestión. Los reguladores tendrán distintas funciones en cada país, pero deben tener unas misiones claras e independientes del poder político.

**Es necesario clarificar y respetar el papel de cada actor implicado en la gestión del agua y los servicios de abastecimiento y saneamiento.**

La necesidad real del usuario es tener un servicio de calidad a un precio justo, y los mecanismos para satisfacer las necesidades de los usuarios son iguales cualquiera que sea el tipo de gestión. Por tanto el debate principal no debe centrarse sobre el modelo de gestión de tipo público, privado o mixto, sino en el aseguramiento de la prestación de los niveles de servicio adecuados a cada contexto social y económico en términos sostenibles y dotar de garantías efectivas para la transparencia y control de la gestión

Las autoridades deben definir en primer lugar los objetivos a alcanzar y los plazos para conseguirlo. Y en segundo término, elegir tanto los medios como la forma de gestión adecuada (pública, privada o mixta) en función de las circunstancias locales. La organización debe evolucionar en función de la propia evolución de la realidad local.

Las nuevas culturas del agua van a ser culturas de mayor corresponsabilidad de todos los agentes implicados en el sector del agua.

**Lo importante no es el modelo público, privado o mixto elegido para la gestión, lo importante es que el servicio se preste bien y al precio adecuado.**

#### ► Financiación de los Servicios del Agua

Las realidades locales difieren en función de sus condicionantes geográficos, del desarrollo económico de la sociedad y del marco legal y político. Por tanto las soluciones a aplicar serán variables. No todas las soluciones técnicas o los modelos de gestión son aplicables a todas las circunstancias.

Un objetivo clave para todos los servicios de agua y saneamiento es unir eficiencia y coste. Este principio beneficia tanto al usuario como a los inversores, ya sean públicos o privados.

**Es inútil implantar servicios cuyos precios no puedan pagar los usuarios. Hay que adaptar los precios de los servicios a las circunstancias específicas de cada lugar.**

El coste de los servicios de agua y saneamiento debe recuperarse en su totalidad, lo que es compatible con la solidaridad mediante discriminación en las tarifas en función de la realidad social o mediante subsidios públicos. En general se debe avanzar hacia la recuperación de costes aunque en países en vías de desarrollo se debe extremar la cautela ya que la recuperación total de los costes

puede ser contraproducente como objetivo inmediato. El marco tarifario donde se desarrollen los principios de recuperación completa de costes y la solidaridad, es responsabilidad de las autoridades. Una recuperación de costes sostenible deberá permitir:

- Que cada usuario pueda pagar un precio que entre dentro de sus posibilidades.
- Que todo usuario pague por el servicio, incluidos los usuarios públicos. La gratuidad en el servicio es el principio del derroche.
- Hay que evitar en lo posible los subsidios cruzados. Si es necesario subsidiar a los menos pudientes hay que hacerlo de forma directa.
- Que exista una planificación financiera a largo plazo de los servicios, ya que es la única vía para asegurar las inversiones y conjugarlas con la recuperación de costes y la solidaridad. Las subvenciones han de ser una posibilidad para sufragar los costes de construcción de las infraestructuras hidráulicas, no los costes de mantenimiento, explotación, reposición y los ambientales, siempre que ello sea posible por los estamentos de menor capacidad de pago.
- Que todos los usuarios -urbanos, industriales y agrícolas- asuman su parte de responsabilidad.

Los modelos de negocio de los servicios de agua precisan de una redefinición:

La creciente reducción de disponibilidades y consumos en muchos ámbitos locales como consecuencia del cambio global y de las nuevas políticas de gestión de la demanda condicionan los resultados económicos de los operadores de los servicios ya que éstos dependen mucho de los volúmenes gestionados.

La operación de los servicios de agua se ha ampliado a campos y responsabilidades nunca considerados en el pasado, tales como la gestión y tratamiento de tormentas o la prevención de avenidas. Estas nuevas responsabilidades incrementan los costes y deben ser incorporados a las ecuaciones que regulan económicamente los servicios. Además, los nuevos retos exigen mayores esfuerzos de I+D, cuyos costes deben también ser

considerados como costes del servicio.

### **Es necesario organizar una recuperación de costes completa y sostenible.**

#### **► El imperativo de la eficiencia integral**

La eficiencia en la gestión de los recursos, infraestructuras y servicios del agua ha de impregnar todos los procesos de toma de decisiones, desde la planificación estratégica hasta la operación de los sistemas en normalidad y contingencias. De hecho los modelos de gestión que integran todo el ciclo del servicio (abastecimiento, saneamiento y reuso) en un solo ente gestor suelen ser altamente eficientes.

La eficiencia debe ser valorada y perseguida en su acepción más global con todas las consideraciones ambientales, sociales y económicas de cuantos agentes intervienen en los diferentes procesos de gestión del agua en el medio urbano. La energía ha ido incrementando su presencia en las soluciones para los retos emergentes en la gestión del agua, desde los mayores requisitos legales de calidad para los diferentes usos hasta la incorporación de recursos alternativos como la desalación, incluyendo la protección de las masas de agua receptoras de vertidos mediante los procesos más intensivos de depuración de aguas residuales. Cualquier nueva solución debe ir acompañada de una valoración integral de su eficiencia y de las necesidades de energía en su implantación y operación.

Las valoraciones globales de los sistemas y sus diferentes opciones basadas en cálculos de huellas hidrológicas y ecológicas o en parámetros como el agua virtual requerida en cada caso son mecanismos que hacen posible un análisis integral.

La garantía de la oferta es un compromiso del gestor. Y esto exige regulación, modelos de predicción y gestión eficientes y herramientas para tomar acciones de operación. Para tener garantía, además de recursos hay que tener infraestructu-

ras. Y esto exige, sistemas mallados, aducciones redundantes, diversificar las alimentaciones etc. La garantía de cantidad, calidad, y condiciones adecuadas de continuidad y buen servicio es la esencia de los servicios urbanos de agua y sólo se consigue con prácticas eficientes e integrales.

El Benchmarking es una herramienta poderosa para incentivar la eficiencia, aunque se debe extremar la precaución a la hora de realizar comparaciones, asegurando su consistencia y explicando las distintas circunstancias y contextos que puedan concurrir en cada caso y sistema.

La tecnología que hace posible la gran mayoría de las soluciones a los retos y problemas planteados debe estar, también, al servicio de la preservación del medio ambiente y la lucha contra el cambio climático.

La I+D se ha convertido en la esperanza de futuro. La investigación ya no puede ser una opción, sino un deber ineludible de las autoridades públicas y corporaciones privadas, debiéndose dar pasos decididos en el aumento de los presupuestos destinados a estos fines y en la persecución de resultados aplicables y eficaces.

# Conclusiones

Un principio irrenunciable es que “El derecho al agua y al saneamiento es fundamental para asegurar el derecho primordial a la vida”.

► Los recursos accesibles disponibles se están reduciendo por el aumento de las presiones sobre ellos y por la incidencia del cambio climático.

La mejora de la eficiencia en todos los sistemas hídricos debe ser una alternativa previa a considerar al valorar la movilización de recursos, pero no se debe excluir ningún tipo de opciones que satisfagan los requisitos de sostenibilidad. Los recursos alternativos suponen cambios en los paradigmas de uso del agua y la energía y deben ser considerados igualmente, aunque haya que promover su aceptación social.

► La creciente urbanización del territorio y el aumento de población en las ciudades dificultan cada vez más la conjunción de oferta y demanda y concentran los impactos sobre las masas de agua.

Primero debe asegurarse la viabilidad medioambiental del suministro de agua y su saneamiento, después promover una urbanización habitable y sostenible.

► Las carencias y dificultades normativas, institucionales y de capacidad técnica para el gobierno del agua hace muy difícil atender de forma eficiente las expectativas de servicio de los ciudadanos. A pesar de lo cual existen muchos y variados ejemplos de buen funcionamiento de estos servicios.

El agua es un recurso común y como tal una cuestión de Estado.

La participación pública es un factor clave en la política del agua.

La descentralización de competencias no debe significar el abandono de la coordinación global tanto a nivel estatal como en el ámbito de gobierno natural del agua que, en lo que a la planificación y gestión de los recursos de agua se refiere, es la Cuenca Hidrográfica.

Es necesario clarificar y respetar el papel de cada actor implicado en la gestión del agua y los servicios de abastecimiento y saneamiento.

Lo importante no es el modelo público, privado o mixto elegido para la gestión, lo importante es que el servicio se preste bien y al precio adecuado.

► Sin una financiación a largo plazo viable y recuperable por el agente inversor, sea público, privado o mixto, de nada valdrán las buenas intenciones para asegurar el derecho al acceso al agua.

Es inútil implantar servicios cuyos precios no puedan pagar los usuarios. Hay que adaptar los precios de los servicios a las circunstancias específicas de cada lugar.

Es necesario organizar una recuperación de costes completa y sostenible.

► La planificación y gestión de los servicios urbanos de agua tiene que plantearse con el enfoque integral de sus implicaciones ambientales, energéticas, económicas y sociales y desde una óptica de eficiencia global sostenible.

# LA EXPERIENCIA PORTUGUESA EN LA REGULACIÓN DE SERVICIOS DE AGUAS

Jaime Melo Baptista

## RESUMEN:

Los principales objetivos de esta conferencia son ofrecer una visión general de las principales pautas estratégicas del Regulador Portugués (IRAR) y sus experiencias en los últimos cinco años. También se describen los resultados de un proyecto llevado a cabo en asociación con LNEC, con la finalidad de definir los sistemas de indicadores de rendimiento (IR) que se utilicen como base de comparación con el rendimiento de los operadores. Se definieron tres grupos de IR, relacionados con: 1) protección de los intereses del usuario; 2) sostenibilidad del operador y 3) sostenibilidad medioambiental. Se plantearon veinte IR para ambos servicios: abastecimiento de agua y aguas residuales. Estos sistemas de IR representan una herramienta fundamental para que el IRAR implante la regulación sobre calidad de los servicios, como un componente esencial de su modelo

regulatorio. La regulación sobre calidad de los servicios enmarca el rendimiento de los operadores en lo concerniente a la calidad del servicio proporcionado a los usuarios y no debe dissociarse de la regulación económica. En la actualidad, la consolidación de la regulación es crucial para mejorar la calidad actual del servicio prestado a los usuarios. IRAR se propone provocar un efecto de palanca en la transición del país desde el estado actual de la inversión en nuevos activos de infraestructuras hasta una nueva fase de estabilidad y alta calidad en la prestación de servicios.

## PALABRAS CLAVE:

Regulación, indicadores de rendimiento, evaluación comparativa (benchmarking), abastecimiento de agua, aguas residuales.

# REGULACIÓN Y PRIVATIZACIÓN DE LA PROVISIÓN DE LOS SERVICIOS DE AGUA POTABLE, ALCANTARILLADO Y TRATAMIENTO DE LAS AGUAS RESIDUALES: CHILE UN CASO EXITOSO

Magaly Espinosa Sarria y José Rodríguez Sandoval

## RESUMEN:

Se describe el desarrollo del sector de servicios de agua potable, alcantarillado y tratamiento de aguas residuales en las últimas décadas comparando los resultados obtenidos en Coberturas y calidad del servicio prestado e identificando los factores decisivos que permiten mostrar la experiencia exitosa.

Desde que se inició el proceso de privatización de las empresas sanitarias han transcurrido casi dos décadas, y los resultados operacionales y financieros alcanzados por el sector han posicionado a Chile como uno de los países que ha tenido una experiencia exitosa en la transferencia de la propiedad y de los derechos de explotación de las empresas de agua potable al sector privado.

Así también, fue necesario diseñar un mecanismo de subsidio directo, focalizado hacia los consumidores, con el fin de resguardar el acceso a un consumo base de agua potable y alcantarillado a las familias más vulnerables económicamente.

De esta forma, fue el gobierno de Eduardo Frei el cual decidió impulsar e implementar un modelo de incorporación de capitales privados basado en la venta de paquetes accionarios de las principales empresas estatales del país. Para ello, fue necesario realizar una serie de modificaciones en

el marco regulatorio vigente en el año 1998, las cuales apuntaron a evitar la concentración de la propiedad, regular los conflictos de intereses y la manipulación de la información, fortalecer la institucionalidad fiscalizadora en el sector, y mejorar la precisión, claridad y transparencia metodológica y de procedimientos en la fijación de tarifas.

Una segunda etapa de participación privada fue impulsada en el gobierno de Ricardo Lagos, pero esta vez, el esquema utilizado fue el traspaso de los derechos de explotación de las concesiones sanitarias.

Se describe el rol de La Superintendencia de Servicios Sanitarios, organismo regulador y fiscalizador de este modelo de gestión que el país adoptó y como tal constituye un pilar fundamental para el éxito del modelo aplicado y en los resultados alcanzados, ejerciendo sus funciones de Fijación de Tarifas, otorgamiento de áreas de Concesiones y la Fiscalización y control de los operadores privados.

## PALABRAS CLAVE:

Marco Regulador, privatización de los servicios de agua potable, alcantarillado y tratamiento de aguas residuales, superintendencia de servicios sanitarios, resultados exitosos.

# LA PERCEPCIÓN DE LOS GESTORES DE SUMINISTRO DE SISTEMAS, EL PUNTO DE VISTA DE AQUA PUBLICA EUROPEA

Anne Le Strat

## RESUMEN:

En todo el mundo, el 90% de la distribución de agua potable está en manos de gestores públicos. Para desterrar la idea preconcebida que disocia el rendimiento de la gestión pública, los operadores públicos europeos han decidido sumar esfuerzos para fomentar la gestión pública a escala global y mejorar constantemente los servicios hídricos al tiempo que se respetan las prioridades de desarrollo sostenible. Por este motivo se decidió crear la red Aqua Publica Europea. Una gestión responsable, que respete y proteja realmente los recursos hidráulicos, requiere una visión a largo plazo que englobe el patrimonio hídrico, una visión concertada de los distintos usuarios del agua (agricultura, industria...) y un control democrático caracterizado

por la participación activa de los ciudadanos y una función reforzada de los usuarios en su gobernanza.

Las empresas de aguas y las autoridades públicas europeas son conscientes de estos retos y tienen la voluntad de implicarse activamente en una política hídrica global, basada principalmente en el acceso al agua potable para todos. Ha llegado la hora de asumir plenamente las responsabilidades relativas a la gestión del agua como un bien público.

## PALABRAS CLAVE:

Gestión pública, rendimiento y transparencia, acceso universal al agua, partenariados público-públicos, Aqua Publica Europea.

# EXPECTATIVAS DE LOS CIUDADANOS EN EL AGUA URBANA

Belén Ramos Alcalde

## RESUMEN:

Los ciudadanos se muestran preocupados por el agua. Sirvan como ejemplo las más de 1300 reclamaciones atendidas por el servicio de Asesoría de la OCU solo en 2007 y las más de 200 denuncias recibidas por la organización en apenas tres meses de funcionamiento de un apartado especial en nuestra página web [www.ocu.org](http://www.ocu.org) (informe Los consumidores y el agua)

Nos preocupan los aspectos de calidad, deficiencias en suministro, las tarifas, la falta de prevención ante situaciones de emergencia y la falta de información, por ejemplo.

Si queremos alcanzar una buena gestión de nuestros recursos hídricos, la política del agua debería de hacerse de forma coordinada desde un ente coordinador que estableciera directrices homogéneas por las que debemos regir y controlarse el grado de cumplimiento o implantación en todo el territorio nacional. Pero, sobre todo, debemos evitar someter la gestión del agua de nuestras ciudades a estrategias temporales que cambien cada vez que iniciemos una nueva legislatura.

# EFICIENCIA Y BUENAS PRÁCTICAS EN SANTIAGO DE CHILE

Felipe Larrain Aspillaga

## RESUMEN:

Se describe la experiencia exitosa en la provisión de los servicios de agua potable, alcantarillado y tratamiento de las aguas servidas a la población de Santiago de Chile.

Aguas Andinas S.A. es la principal empresa del sector de agua potable y saneamiento en Chile, sirviendo a casi 6 millones de habitantes. La compañía controladora AGBAR, es líder en el sector de agua con un fuerte compromiso y experiencia en el abastecimiento de agua potable y tratamiento de aguas servidas en el mundo.

Los logros alcanzados durante la gestión de AGBAR en la compañía han sido significativos. En el ámbito operativo con la implementación del Centro de Control Operativo, la incorporación de tecnología de punta y la mejora de los procesos, en el ámbito de clientes con la mejora de la calidad de servicio y en el área financiera con el aumento del valor de la empresa.

Sin embargo no puede dejar de mencionarse el compromiso de Aguas Andinas con el proyecto más grande en la historia del sector del agua en Chile, la obtención de un 100% de cobertura en depuración para la población del Gran Santiago en un plazo de 10 años: con una inversión de 600 millones de euros y la construcción y operación de 16 plantas de tratamiento de aguas residuales. De hecho, en solo 3 años, Aguas Andinas incrementó del 3 al 70% la cobertura de depuración de las aguas residuales con estándares internacionales.

Estos logros se deben principalmente a la estabilidad y organización completa del marco regulatorio del sector agua en Chile, y a la experiencia de clase mundial de AGBAR.

## PALABRAS CLAVE:

Aguas Andinas, buenas prácticas, eficiencia, saneamiento, abastecimiento agua potable.

# INNOVACIÓN EN LA GESTIÓN DE CLIENTES

Mariano Blanco Orozco

## RESUMEN:

La “Innovación en la Gestión de Clientes”, en las empresas del sector de distribución de agua y saneamiento, está íntimamente ligada al concepto de “Gestión Avanzada de Clientes”, que pone énfasis en la necesidad de conocimiento del cliente y del mercado para garantizar el posterior ofrecimiento de un mejor servicio y cumplir sus expectativas, así como en la necesidad de innovar en cada uno de los procesos de la prestación del servicio.

La presente comunicación pone de manifiesto la importancia de llevar a la práctica innovaciones en los procesos de gestión, sin perder de vista que cada una de nuestras actuaciones y operaciones deben ayudar a obtener en nuestro negocio un beneficio equilibrado a largo plazo, tanto económico como social y ambiental.

Un concepto que se analiza es la “Orientación Estratégica hacia el Cliente”, entendiendo ésta como la implantación de una cultura y de un

saber-hacer que llega a todos los departamentos y empleados de la empresa y que se traduce en una sólida imagen frente al cliente y en una homogeneización de procedimientos, que a su vez produce un incremento del “Nivel de los Servicios Ofertados”. Para llegar a esta situación, han de realizarse importantes inversiones, tanto de recursos económicos como humanos, fundamentalmente en el terreno de la formación y de los sistemas, enfocados a desarrollar habilidades de los empleados en los diferentes procesos de prestación del servicio.

## PALABRAS CLAVE:

Innovación, orientación estratégica hacia el cliente, expectativas, percepción, canales alternativos, gestión avanzada de clientes, diferenciación, segmentación, industrialización del conocimiento, nivel de servicios, innovaciones incrementales, mejora continua.

# LA PARTICIPACIÓN DE LAS ASOCIACIONES DE CONSUMIDORES EN LA GESTIÓN DE LOS SERVICIOS URBANOS DE AGUA

María Huelin Franquelo

## RESUMEN:

La conflictividad de un recurso como el agua, unida a la opacidad de su gestión, hacen necesaria una profunda transformación del diseño, planificación, y gestión de sus políticas, siendo esencial para ello contar con la participación ciudadana en general, y de las Asociaciones de Consumidores en particular.

Nuestra legislación ha sido pionera en este tema, y la derogada Ley de Aguas de 1985 ya preveía la participación de la sociedad en su gestión, aunque la misma se circunscribía casi en exclusiva a los explotadores del recurso, -regantes, empresas hidroeléctricas y de abastecimiento-, mientras que las organizaciones de defensa del medio ambiente o consumidores han encontrado enormes dificultades para acceder a la gestión

del abastecimiento urbano. Este trabajo analiza el papel de las Asociaciones de Consumidores en el Abastecimiento Urbano, el marco físico, social y normativo, en que se desenvuelven en España, haciendo especial referencia a la esfera local. A partir de ahí, se detalla la posición de este colectivo en este entramado, con sus objetivos, obstáculos y fortalezas. Las conclusiones de este documento, avalarán que la única forma de hacer transparente y accesible la gestión del abastecimiento urbano del agua a la población, es contando con las Asociaciones de Consumidores.

## PALABRAS CLAVE:

Participación social, asociaciones de consumidores, toma de decisiones compartida, concienciación, transparencia.

# ANÁLISIS DE PERCEPCIONES Y MEJORA DE LA SATISFACCIÓN DEL CONSUMIDOR EN PARÍS

Bruno Nguyen

## RESUMEN:

El abastecimiento de agua potable a la población se define en términos de cantidad y calidad, que pueden diferir de un lugar a otro en todo el mundo, aunque generalmente responde a normas y limitaciones locales siempre que estas últimas hayan sido planteadas por la autoridad relevante.

No obstante, si estas normas corresponden al nivel mínimo de servicio que deben prestar las empresas públicas de aguas, es posible que la satisfacción de los consumidores con respecto al mismo servicio no coincida con las consideraciones jurídicas.

El vínculo entre las empresas públicas de aguas por un lado y el regulador y la autoridad local por otro lado está bien establecido por regla general, pero suele faltar el vínculo formal entre las empresas públicas de aguas y la población agrupada bajo nombres distintos, tales como clientes, consumidores, usuarios, ciudadanos o terceras personas.

Algunas buenas prácticas desarrolladas en las últimas décadas por las empresas públicas de aguas se centran en cómo mejorar la satisfacción y cubrir las necesidades de la población con referencia al servicio y las actividades relacionadas con el agua. Aquí se incluyen: respuesta a reclamaciones, información, educación, concienciación sobre cuestiones hídricas, desarrollo de nuevos servicios, tarifas sociales, etc.

Esta conferencia describe el trabajo reciente desempeñado por EAU DE PARIS en estos temas.

## PALABRAS CLAVE:

Expectativas de los consumidores, encuestas, educación, información.

# REFORMA DEL SECTOR HIDRÁULICO URBANO EN BURKINA FASO: CASO DE ONEA

Harouna Ouibiga

## RESUMEN:

Burkina Faso es un país situado en pleno corazón de África Occidental. Tiene una superficie de 274.000 km<sup>2</sup>. Su población es de 13.400.000 habitantes distribuidos en 302 comunidades rurales y 49 communes urbanas, cuya capital es Ouagadougou, con una población de 1.300.000 habitantes. El índice de urbanización se estima en el 25%, con 66 núcleos que superan los 10.000 habitantes. El umbral de pobreza es de 83.000 francos CFA/año/persona (123 euros) y afecta al 45% de la población.

En cuanto a los recursos hídricos, Burkina Faso se caracteriza por una débil pluviometría (entre 300 mm en el norte y 1.000 mm en el sur al año), acuíferos situados en un 80% sobre el basamento cristalino, con escasa productividad y una marcada evaporación de las aguas superficiales.

El acceso a agua potable se estimaba del 60% en el medio rural y del 75% en el medio urbano en 2005. Por lo que respecta al saneamiento, el acceso era del 10% en el medio rural y del 14% en el medio urbano aproximadamente en 2005.

El sector de abastecimiento de aguas urbano está gestionado por la Oficina nacional de agua potable y saneamiento (ONEA), creada en 1985 como un organismo público de carácter industrial y comercial (EPIC) y transformado en sociedad estatal en 1994. ONEA gestiona en la actualidad 42 centros repartidos por todo el territorio nacional.

La labor de la ONEA se apoya sobre tres pilares:

- ▶ el desarrollo de la gestión empresarial a través de la formalización del plan estratégico

2004-2008, la puesta en marcha de un sistema de gestión de la calidad: proceso ISO 9001 2000, la revisión del plan general de informatización y la implantación de un software de clientes de nueva generación

- ▶ las auditorías:

- auditoría de acuerdos y planes: compromisos de la ONEA y del Estado
- auditoría de la integridad del modelo financiero y recomendaciones sobre tarifas y control del gasto
- auditoría de cuentas por un auditor financiero internacional

- ▶ la mejora de la cobertura en agua potable de los núcleos urbanos desempeñando la función de motor de una dinámica de partenariados con otros agentes en el marco de la descentralización actualmente en marcha en Burkina Faso.

La reforma del sector de abastecimiento de aguas urbano en Burkina Faso ha permitido lograr resultados apreciables en cuanto a la mejora del acceso al agua potable y el saneamiento en el medio urbano y en lo relativo al equilibrio financiero del sector. La originalidad de esta reforma reside en el hecho de que ha permanecido dentro del dominio público y se ha beneficiado de la implicación por contrato de servicio de un profesional encargado de las áreas de clientes y finanzas.

Los resultados demuestran que una sociedad pública puede ser operativa si existe voluntad política y liderazgo conjuntamente, como es el caso de la ONEA.

Quedan todavía muchos retos que afrontar, pero el capital de la experiencia acumulada constituye una buena base para avanzar en el futuro.

# EL SECTOR DEL AGUA EN SENEGAL Y LOS OBJETIVOS DEL MILENIO

Mouhamed Fadel Ndaw

## RESUMEN:

Esta conferencia demuestra que el éxito de las reformas iniciadas por el Gobierno de Senegal en las áreas urbanas (contrato de arrendamiento) y las áreas rurales (reforma de gestión de los pozos motorizados, REGEFOR) contribuyó favorablemente a la definición a principios de 2005 de una nueva política sectorial y un programa nacional de inversiones para la consecución de los Objetivos de Desarrollo del Milenio (ODM) relativos al abastecimiento de agua potable y el saneamiento.

En 1996 la capital Dakar (2 millones de habitantes) llevaba enfrentándose más de diez años a la escasez crónica de agua, que ascendía a 100.000 m<sup>3</sup> por día. En aquel momento, Dakar era abastecida principalmente con agua subterránea, pero había problemas de calidad debido a la intrusión salina.

Mejorar el suministro de agua trayendo aguas superficiales del Lago Guiers, situado a una distancia de 240 km, resultaba muy costoso. Las necesidades de inversión inmediata se estimaron en 100 millones de USD, sólo para aumentar la capacidad de producción en un 25% y llevar agua a Dakar, independientemente de los costes asociados a la rehabilitación, ampliación y refuerzo de los sistemas de distribución de aguas.

Así las cosas, el Gobierno de Senegal implantó una reforma institucional del sector de agua y saneamiento urbanos en 1996, con la participación de un operador privado para gestionar el sector hídrico mediante un contrato de arrendamiento y un ambicioso plan de inversión de 450 millones de USD gracias al Water Sector Project (WSP) y el Long Term Water Sector Project (LTWSP). Actualmente, 12 años después, el programa es perfectamente coherente con la estrategia de cumplimiento de los Objetivos de Desarrollo del Milenio en zonas urbanas.

En realidad, las cifras de cobertura para el área de Dakar indican que el porcentaje de la población con acceso a servicios hídricos creció del 80,3% en 1995 al 98% en 2004 (85% mediante conexiones

domésticas y 13% mediante tubos verticales). Estos resultados se obtuvieron gracias al programa "conexiones sociales" emprendido principalmente por el Water Sector Project.

La reforma y los proyectos de inversión complementarios constituyen un paso importante hacia la consecución de los Objetivos de Desarrollo del Milenio. En el marco del LTWSP, el Gobierno elaboró un nuevo programa denominado PEPAM (Programa de Agua y Saneamiento para el Milenio), que incluye a los sectores rural y urbano.

Las metas para el sector hidráulico urbano son asegurar el suministro global de agua en la región de Dakar en 2020 y alcanzar un índice de acceso al agua potable del 100% en 2015 en todos los núcleos urbanos, entre los cuales un 88% en Dakar y un 79% en los núcleos urbanos del interior disponen de conexión doméstica a agua potable, frente al 75,7% y el 57,1%, respectivamente, en 2004.

En cuanto al saneamiento urbano, el índice de acceso previsto para 2015 es del 85% en Dakar y 72% en otros centros, comparado con el 75,7% y el 57,1%, respectivamente, en 2004.

Los resultados previstos por Senegal para el cumplimiento en 2015 de los ODM en zonas rurales son que el 82% de los hogares rurales tengan acceso a agua potable, frente al 64% en 2004, y el 59% de los hogares rurales cuenten con un sistema autónomo de evacuación de excrementos y aguas grises domésticas, frente al 17% en 2004.

El coste total del programa se estima en una cantidad de 515.000 millones de francos CFA en diez años (1.000 millones de dólares aproximadamente). El programa, que ha conseguido el 54% de los fondos necesarios, desarrolló herramientas, incluyendo Planes Locales de Agua y Saneamiento en zonas rurales y un marco para supervisión y evaluación que comprende un portal en Internet y revisiones anuales del sector. En la actualidad, gracias al programa PEPAM, Senegal se considera entre los cinco países del África subsahariana que probablemente cumplirán los ODM para agua y saneamiento.

# EL CONTRATO DE GESTIÓN DE ARGEL: CONSTRUCCIÓN DE UN PARTENARIADO PÚBLICO- PRIVADO EJEMPLAR PARA LA CONSECUCIÓN DE OBJETIVOS AMBICIOSOS

Jean Marc Jahn y Terra Messaoud

## RESUMEN:

El contrato de gestión de Argel, suscrito por una duración de 5,5 años entre SUEZ-Environnement y SEAAL (Société des Eaux et de l'Assainissement d'Alger), sociedad de derecho argelino, tiene como objetivo mejorar en un breve plazo de tiempo la calidad de los servicios de agua potable y saneamiento para los habitantes de la Wilaya de Argel.

Para lograr esta meta se necesita una participación decidida de las autoridades y de los agentes implicados en el sector del agua argelino, así como una gestión coordinada de las relaciones contractuales para identificar los objetivos y después medir los avances conseguidos.

Se han elaborado herramientas específicas:

Un seguimiento detallado del plan de actuación para conseguir los objetivos técnicos.

Una metodología de transferencia de conocimientos técnicos (WIKTI) derivados de las experiencias internacionales de SUEZ-Environnement.

Esta metodología estructurante permite cuantificar y cualificar las necesidades de competencias y optimizar los planes de formación de personal de SEAAL.

Tras dos años de contrato, los resultados son alentadores:

- Distribución del agua las 24 horas del día a más del 85% de la población
- Calidad del agua de conformidad con las normas internacionales
- Mejora de la calidad de las aguas de baño para permitir la reapertura al público de otras diez playas
- Desarrollo de competencias: seguimiento aplicado, progresos de acuerdo con la hoja de ruta

En conclusión:

Un contrato de gestión presupone, previamente a su puesta en marcha, una evaluación común de la situación inicial y un acuerdo sobre los objetivos marcados.

Exige mucho en términos de transparencia respecto a los medios empleados y los resultados obtenidos.

El éxito de un partenariado de estas características está ligado a la implantación de un proceso de toma de decisiones compartidas y a una movilización voluntaria y coordinada de los diferentes partícipes.

## PALABRAS CLAVE:

Contrato de gestión, objetivos técnicos y de gestión, partenariado, transferencia de conocimientos y de saber hacer.

# PROGRAMA DE SUSTENTABILIDAD HÍDRICA DE LA CUENCA DEL VALLE DE MÉXICO

José Luis Luege Tamargo

## RESUMEN:

En el Valle de México, que comprende al Distrito Federal (Capital de la República Mexicana), y zonas de los Estados de México e Hidalgo, se registra un gravísimo desbalance hídrico ya que se extrae más del doble del agua que se recarga en sus acuíferos; prácticamente no se trata el agua que se usa; se permite la fuga de uno de cada tres litros del agua que circula en su red de distribución; y existe el riesgo de tener una gran inundación de aguas residuales.

El restablecimiento del equilibrio hidrológico en la región, requiere llevar a cabo diversas acciones y estrategias para eliminar la sobreexplotación de los acuíferos, dar tratamiento a la totalidad de las aguas residuales y pluviales, renovar y dar adecuado mantenimiento a la red de distribución y finalmente, duplicar la capacidad de drenaje.

En la actualidad, la capacidad de desalojo de las aguas residuales y pluviales fuera de la cuenca es insuficiente y presenta serios problemas. En 1975 cuando la población de la zona metropolitana era de 10 millones de habitantes, la capacidad de desalojo era de 280 m<sup>3</sup>/s; actualmente, esta se ha reducido a 165 m<sup>3</sup>/s, con casi el doble de la población.

La demanda de agua en la zona metropolitana ha crecido a la par de su población, teniendo como principal fuente de suministro el agua del subsuelo con la consecuente sobreexplotación de los mantos acuíferos. Lo anterior, no solo pone en riesgo la principal fuente de abastecimiento de agua, sino que genera uno de los problemas más serios de la cuenca: el hundimiento del suelo, que en promedio es de 10 centímetros por año y en algunas zonas alcanza hasta 40 centímetros en ese periodo.

Por otro lado, la región presenta uno de los índices de tratamiento de aguas residuales más bajos del país, ya que solo se trata el 6% aproximadamente, lo que evita el reuso y genera además de contaminación, un grave desequilibrio hídrico en la cuenca.

## PALABRAS CLAVE:

Valle de México, equilibrio hidrológico y recuperación de la cuenca, sistemas de saneamiento y tratamiento de aguas residuales, sobreexplotación de acuíferos, capacidad de drenaje de la cuenca.

# TRANSFORMACIÓN EN LA PRESTACIÓN DE LOS SERVICIOS DE ACUEDUCTO Y ALCANTARILLADO EN CARTAGENA DE INDIAS

Gustavo Robledo y John Montoya Cañas

## RESUMEN:

En junio de 1995, la empresa Aguas de Cartagena, donde el Distrito participa con el 50%, asumió la prestación de los servicios de acueducto y alcantarillado en la ciudad de Cartagena de Indias, teniendo como socio Operador la sociedad AGUAS DE BARCELONA.

Al iniciar operaciones, la infraestructura y su servicio, atravesaban por una fuerte crisis, con un déficit de agua de 60.000 m<sup>3</sup>/día y pérdidas en las redes del orden del 65% pues tenían una antigüedad mayor a 30 años, con un 30% inservible. Las inversiones eran mínimas y los ingresos no cubrían los gastos. La gestión comercial era deficiente, existía poca información, una mínima medición, pocos controles y los recaudos alcanzaban sólo el 45%.

En pocos años se logró una mejora en la cantidad, calidad y continuidad de los servicios, habiéndose alcanzado en poco tiempo altos estándares, gracias a tener un marco jurídico adecuado, un gran respaldo del Distrito y de Aguas de Barcelona, socio Operador especializado y experimentado, que logró una rápida transferencia tecnológica.

La cobertura en acueducto pasó del 73,1% al 99,9% con una continuidad del 100% y la del alcantarillado del 60,6% al 81,9%, beneficiando

a cerca de 500.000 usuarios en su mayoría en los estratos bajos. Para alcanzar esas coberturas se requirió el desarrollo de importantes inversiones, ampliando la capacidad de producción de 165.000 m<sup>3</sup> a 270.000 m<sup>3</sup> y pasando de una red de distribución de 789km a 1.528km y en Alcantarillado de 541km a un total de 978 Km.

La micromedición alcanzó el 99%, con una lectura 100% confiable. El tiempo de espera en atención al usuario, pasó de 45 minutos a 12 y con la posibilidad de pagar en toda la red bancaria, supermercados y otros puntos, lo que ha conllevado una eficiencia de recaudo del 95%. De otra parte, las pérdidas en las redes se disminuyeron del 65% al 40%.

Los logros anteriores, se han dado gracias a la unión de esfuerzos entre el sector público y privado, lo cual ha permitido llevar a cabo un plan de inversiones cercano a los US\$ 240 millones de dólares, teniendo el aval de la Nación y el respaldo del BID, y del Banco Mundial. La Empresa asumió cerca del 35% de las inversiones vía tarifa y El Distrito destinó toda su capacidad de inversión a través de los compromisos adquiridos.

Transcurridos doce años de gestión, con confianza podemos afirmar que el modelo de Cartagena de Indias ha sido exitoso.

# USO SOSTENIBLE DEL AGUA EN LA CIUDAD DE QUERÉTARO

Manuel M. Urquiza Estrada

## RESUMEN:

En los últimos 25 años la Zona Metropolitana de la Ciudad de Querétaro (ZMCQ) ha desarrollado crecientes y complejos problemas en relación con los recursos hidráulicos necesarios para satisfacer sus necesidades presentes y futuras: necesita agua suficiente para cubrir las demandas de la agricultura, industria y uso doméstico, imprescindibles para mantener un desarrollo económico adecuado en la región. Para la ZMCQ, con una población estimada de 962.240 habitantes en 2007, los retos existentes en torno al manejo del agua están claramente correlacionados con el aumento creciente de la demanda, originada principalmente por el crecimiento poblacional y el desarrollo económico de los años recientes. Un alto porcentaje del agua que se utiliza en la Zona Metropolitana de la Ciudad de Querétaro proviene del acuífero del Valle de Querétaro, el cual ma-

nifiesta una sobreexplotación del orden de 60% en relación a su recarga, con un abatimiento promedio de 3.5 m<sup>3</sup>/año producto de la extracción de 110 millones de m<sup>3</sup> anuales. Esta condición de sobreexplotación del acuífero lo pone en grave riesgo, por lo que se tomaron una serie de medidas para estabilizar el abatimiento mencionado, incluyendo la racionalización del consumo y el reutilización de aguas tratadas, la incorporación de volúmenes de aguas superficiales y subterráneas provenientes de fuentes no convencionales. De acuerdo al Programa de Abastecimiento y Uso Sostenible de Agua Potable en la ZMCQ, se han implementado -entre otros- los proyectos Acueducto II, Radar y Centro Hidrometeorológico, Gestión Nocturna de Presiones, y Fraccionamientos Residenciales Sostenibles, con los cuales la Comisión Estatal de Aguas de Querétaro está buscado la sostenibilidad en el uso del agua en la Zona Metropolitana de la Ciudad de Querétaro.

# TENDENCIAS Y EXPECTATIVAS TECNOLÓGICAS EN LA GESTIÓN DEL AGUA URBANA

Fernando Rayón Martín e Iciar Ruiz Ruano

## RESUMEN:

En este artículo se pasa revista a las actuales necesidades de innovación en el ámbito del agua urbana, destacándose las diferencias que se visualizan entre los países desarrollados y los países en desarrollo. Se analiza también el estado de la innovación en dicho ámbito siguiendo la metodología de los Sistemas de Innovación Sectorial y se concluye presentando un modelo de innovación, basado en la colaboración, implementado por un

operador mundial del agua urbana y que puede servir de ejemplo para facilitar el desarrollo y la aplicación de la innovación tanto en los países desarrollados como en los países en desarrollo.

## PALABRAS CLAVE:

Innovación, tecnología, operación y objetivos del Milenio.

# NUEVOS RETOS, NUEVAS SOLUCIONES EN LA PLANIFICACIÓN DE SISTEMAS DE ABASTECIMIENTO URBANO

Francisco Cubillo González

## RESUMEN:

La planificación de los sistemas de abastecimiento siempre ha sido un ejercicio de prospectiva de futuro y acomodo de los recursos disponibles a las metas planteadas.

En la actualidad el esquema sigue presentando una estructura similar pero con unas diferencias notables en los componentes básicos. El elemento más destacado es la gran incertidumbre que es necesario afrontar incluso para los escenarios de corto plazo.

Incertidumbre en la vida útil de las infraestructuras, en las condiciones meteorológicas, en las demandas y en los condicionantes ambientales así

como en la interacción con otros factores externos al mero servicio de suministro de agua. Los niveles de seguridad exigidos por la sociedad y plasmados en términos de niveles de servicio y sus correspondientes riesgos de incumplimiento, son el otro gran factor emergente en el presente siglo que, aún contribuyendo a una definición más precisa de los objetivos a perseguir, representan un cambio sustancial en los modelos de planificación de las infraestructuras y tecnologías de operación. La ponencia planteará los principales elementos que conforman este nuevo marco para la planificación y propondrá una metodología para su incorporación eficaz al establecimiento de las actuaciones e inversiones necesarias en cada caso.

# GESTIÓN DE LA PRESIÓN EN REDES DE ABASTECIMIENTO DE AGUA. MEDIOS TECNOLÓGICOS

Nir Naveh, Mike Wiltshire y Pedro Luis Sánchez Rodríguez

## RESUMEN:

La gestión de la presión constituye el fundamento de una gestión efectiva de las fugas.

En muchos países se lleva aceptando desde hace más de treinta años la idea de que la presión ejerce una influencia decisiva en las tasas de fugas medias de los sistemas de distribución y, en consecuencia, un número cada vez mayor de países y empresas de servicios públicos reconocen actualmente que una buena gestión de la presión es un requisito indispensable para una gestión eficaz de las fugas y las infraestructuras.

El peso de la evidencia ahora disponible y la mayor fiabilidad con la que se realizan las predicciones técnicas y económicas son tales que las empresas de servicios públicos progresistas ya no pueden permitirse ignorar las posibilidades que ofrece la gestión de la presión en sus sistemas.

La gestión de la presión para control de fugas puede definirse en su sentido más amplio como “la práctica de gestionar las presiones de los sistemas para lograr óptimos niveles de servicio, garantizando un suministro suficiente y eficiente para usos y consumidores legítimos, y reduciendo al mismo tiempo las presiones innecesarias o excesivas, eliminando los transientes y los controles de

nivel erróneos, que causan fugas innecesarias en el sistema de distribución”.

En muchos casos, la gestión de la presión aborda no sólo el efecto de las pérdidas reales sino también la causa, algo que la convierte en una de las herramientas más eficaces para el control sostenible de las pérdidas reales.

Los programas de gestión de la presión suelen tener impactos positivos sobre la reducción de pérdidas aparentes y la recuperación de ingresos, especialmente en lo relativo a robos y consumo no facturado autorizado. Cuando los clientes tienen tanques de domo, la gestión de la presión mejora a menudo la eficacia del cierre de válvula esférica y aumenta la precisión de medición al reducir la duración de los caudales extremadamente bajos (extremos de válvula esférica), que algunos contadores no pueden registrar.

En la conferencia se expondrá que la idea de implantar un sistema de control de presión es sencilla aunque muy efectiva para gestionar las fugas.

## PALABRAS CLAVE:

Económico, fuga, gestión de la presión, válvula de control de presión (VCP).

# PLAN DE REUTILIZACIÓN DEL AGUA EN LA COMUNIDAD DE MADRID

Adrián Martín López de las Huertas

## RESUMEN:

El Canal de Isabel II inició en el año 2005 un ambicioso plan de reutilización en la Comunidad de Madrid, con una inversión que superará los 200 millones de euros y que afectará a más de 30 plantas depuradoras, en ellas se construirán sendos tratamientos terciarios para la regeneración de parte de sus efluentes. El agua servirá para regar los parques y baldear las calles de más de 50 municipios de los 179 con que cuenta la región. Además, el agua servirá para regar más de 20 campos de golf, de los 29 que hay en la actualidad y algunas industrias se beneficiarán de este recurso porque el precio del agua regenerada será inferior al del agua apta para el consumo humano.

Se describe la situación actual del plan, qué se ha hecho, cómo se está trabajando y cuáles son los plazos previsibles para cumplir el objetivo último, que es poner en el mercado unos 40 hm<sup>3</sup> anuales de agua regenerada, que contribuirán a disminuir el incremento del consumo de agua procedente de nuestros escasos recursos y por lo tanto aumentar la garantía de un abastecimiento tan importante como el de la Comunidad de Madrid.

## PALABRAS CLAVE:

Reutilización, regeneración, Comunidad de Madrid, riego de zonas urbanas.

# RECICLAJE DE AGUAS RESIDUALES, UNA SOLUCIÓN PARA CONTRIBUIR A LA SOSTENIBILIDAD HÍDRICA

Nicolas Renard

## RESUMEN:

Los nuevos problemas exigen la invención de nuevos recursos. En la actualidad, las aguas residuales, o las llamadas “aguas hostiles,” se consideran útiles. Los recursos alternativos dan margen para repensar la gestión del agua en regiones azotadas por el estrés hídrico. El reciclaje de aguas residuales es una solución suficientemente probada para producir agua idónea para uso industrial, agrícola e incluso doméstico, y en definitiva para conseguir una mayor sostenibilidad hídrica.

En estas regiones, el agua es un recurso demasiado valioso como para utilizarlo sólo una vez antes de ser devuelto a la naturaleza. Por motivos de salud, las tecnologías de reciclaje de aguas residuales deben aplicarse con cautela y un alto grado de profesionalidad. El reciclaje de aguas residuales es una estrategia beneficiosa desde todos los puntos de vista, porque aumenta el abastecimiento de agua y reduce la contaminación del medio ambiente.

3 ejemplos de reciclaje de aguas residuales:

- Windhoek (Namibia): regeneración de agua directa para uso potable;
- Adelaide (Australia): reciclaje de aguas residuales y recarga de acuíferos;
- Honolulu (Hawaii): reciclaje de aguas residuales en la industria.

Con todo, hay que afrontar algunos retos para desarrollar esta solución prometedora y conseguir la sostenibilidad hídrica: la reticencia psicológica a aceptar las aguas residuales tratadas, la reducción del consumo energético, la competencia de recursos hídricos convencionales infravalorados.

## PALABRAS CLAVE:

Aguas residuales, reciclaje, sostenibilidad, recurso hídrico, escasez de agua, precio del agua, autosuficiencia hídrica, recarga de acuíferos, tecnología de membrana, consumo energético.

# SISTEMAS URBANOS DE DRENAJE SOSTENIBLE (SUDS)

Sara Perales Momparler

## RESUMEN:

Instituciones de algunos de los países más avanzados del mundo vienen reconociendo en los últimos años los múltiples beneficios derivados de afrontar la gestión del agua de lluvia desde una perspectiva alternativa a la convencional, tendiendo hacia un desarrollo sostenible y en concordancia con el medio ambiente. De este modo emergen con fuerza los Sistemas Urbanos de Drenaje Sostenible (SUDS), cuyo objetivo es resolver tanto los problemas de cantidad como de calidad de las escorrentías urbanas, minimizando los impactos del desarrollo urbanístico y maximizando la integración paisajística y los valores sociales y ambientales de las actuaciones programadas.

Esta comunicación describe las principales técnicas englobadas dentro de esta innovadora manera de realizar una gestión más eficiente del agua de

lluvia (un recurso natural nada despreciable en los tiempos de escasez que afrontamos), y sus ventajas respecto de los sistemas tradicionales. Adicionalmente, se da una visión de conjunto del proceso de implantación de SUDS en el mundo y los retos que presenta el impulsar un cambio generalizado de tendencias en la gestión hídrica. Se presentan asimismo actuaciones concretas ya realizadas (o en curso) a nivel de investigación, planificación y proyectos de construcción de SUDS en España.

## PALABRAS CLAVE:

Agua de lluvia, contaminación, escorrentía urbana, Sistemas Urbanos de Drenaje Sostenible (SUDS), Best Management Practices (BMPs).

# CUESTIONES Y TENDENCIAS EN LA SEGURIDAD DEL ABASTECIMIENTO DE AGUA. NUEVOS RETOS EN LA SEGURIDAD DE LOS SISTEMAS DE ABASTECIMIENTO DE AGUA

Ilan Juran

## RESUMEN:

La gestión de la seguridad de los sistemas de abastecimiento de agua incluye una amplia variedad de temas y preocupa cada vez más a las empresas públicas de aguas, junto con la exigencia de calidad del servicio por parte de los clientes. Existe toda una serie de herramientas que ayudarán a las

empresas públicas de aguas a optimizar su gestión de la seguridad de abastecimiento. Aunque el desarrollo de mejores prácticas parezca un método común, resulta muy útil para poner en marcha el proceso de mejora continua. La comunidad internacional de empresas públicas de aguas puede facilitar intercambios fructíferos y experiencias para beneficio de todos.

# MEJORES PRÁCTICAS EN SERVICIOS DE AGUAS EN SHANGHAI PUDONG

Gustavo Miguez

## RESUMEN:

Shanghai es la región económica de más rápido crecimiento en China y una de las zonas con un desarrollo más rápido del mundo. La Zona Nueva de Pudong, distrito de Shanghai y Zona Económica Especial, es una ciudad nueva en rápida expansión con una demanda de agua limpia y segura en permanente aumento.

Veolia Water inició en 2002 un partenariado de 50 años con el Grupo Chengtou, la sección de infraestructuras del Municipio de Shanghai, para afrontar los desafíos del crecimiento acelerado en la demanda de agua y para elevar la calidad del servicio de agua de boca a los niveles internacionales.

Esta empresa en participación de Pudong ha marcado un antes y un después en la historia de la gestión del agua en la China moderna. Se trata de la primera vez que un operador hídrico extranjero ha tenido la oportunidad de compartir la gestión de todos los servicios de agua de boca.

Los resultados hasta ahora son prometedores. Gracias al joint venture al 50% y al sistema de liderazgo colegiado y toma de decisiones conjuntas, el equipo de gestión formado por directivos de ambos accionistas ha mejorado notablemente el servicio de aguas para más de 2,6 millones de residentes del Área de Pudong. La lista de logros y mejoras en la calidad del agua, la calidad del servicio, la gestión y el desarrollo de la plantilla es impresionante y está en línea con los objetivos marcados por Veolia Water y el Municipio de Shanghai.

## PALABRAS CLAVE:

Partenariado público-privado a largo plazo de 50 años, primer contrato de concesión total de Veolia Water en China, gestión de redes modernas de agua de boca, uno de los laboratorios de aguas más compactos y sofisticados de China, solución hídrica para una ciudad en rápida expansión.

# ACTUACIONES DESARROLLADAS EN ZARAGOZA PARA UNA MEJOR GESTIÓN DE LOS SERVICIOS DEL CICLO DEL AGUA

José Ramón Entralgo Layunta

## RESUMEN:

La comunicación tiene por objeto presentar las iniciativas puestas en marcha en Zaragoza para una mejor eficiencia en la gestión de los servicios de abastecimiento y saneamiento y en particular para reducir el consumo de agua.

A principios de la década de los 80 la situación de estos servicios en Zaragoza distaba de lo que se considera adecuado: ausencia de depuración de las aguas residuales, consumos muy elevados y poco controlados, fuerte déficit económico, etc.

Una primera etapa estuvo centrada en lograr la depuración de las aguas residuales poniendo en marcha las instalaciones y colectores necesarios.

A partir del año 2.000 la prioridad ha estado en reducir el consumo de agua, para lo que se elaboró un Plan de Mejora de la Gestión, centrado

en la modernización de las infraestructuras y en un mayor control de consumos. Junto con este Plan se han desarrollado diversas medidas complementarias como campañas de sensibilización ciudadana, nuevo sistema tarifario, elaboración de una nueva ordenanza, etc.

Como resultado de estas acciones se ha conseguido un importante descenso en el consumo de agua, con una mejora en diversos indicadores asociados (volumen de agua no controlada, nº de roturas, consumo de reactivos, etc.). Y todo ello en una situación de abundancia de agua que refuerza el valor de la experiencia.

## PALABRAS CLAVE:

Zaragoza, plan mejora gestión abastecimiento, reducción consumo agua.

# INCLUSIÓN DE LOS GRUPOS DE INTERÉS EN EL SANEAMIENTO DE LAS CUENCAS, CASO RÍO BOGOTÁ - COLOMBIA

Jorge Enrique Pizano Callejas

## RESUMEN:

El reconocimiento de las responsabilidades, la participación, y los intereses de las entidades y de los diferentes los grupos de interés, juega un papel fundamental en la construcción colectiva y estructurada para la recuperación ambiental y ecológica de los cuerpos de agua. En América Latina como en muchos países en vías de desarrollo los cuerpos de agua sufrieron un deterioro importante al utilizarse como receptores de los vertimientos de aguas residuales de las municipalidades. Esta situación ha despertado el interés de diferentes actores quienes de manera aislada realizan acciones para mejorar las condiciones ambientales desde su ámbito de actuación, entre otros aspectos de tipo político, legal, regulatorio, sancionatorio, de ingeniería, educación, participación ciudadana, investigación y financiamiento.

El interés de recuperar ambientalmente el río Bogotá - Colombia, de importancia estratégica a nivel regional y nacional, y por su magnitud, al recorrer 375 km y drenar una superficie de 5.695 km<sup>2</sup>, llevó a formular el proyecto “ Saneamiento del río Bogotá”, articulando a las diferentes entidades y replanteando la participación de las comunidades en el marco de la corresponsabilidad social y económica, a través de acciones que fortalecen y promueven el reconocimiento, la valoración y la participación integral, para hacer posible un proyecto de esta magnitud.

## PALABRAS CLAVE:

Saneamiento de cuencas – río Bogotá, recuperación ambiental y ecológica, articulación de entidades y de la comunidad, reconocimiento valoración y participación integral.

# GESTIÓN EFICIENTE DEL ABASTECIMIENTO DE AGUA COMO BASE DEL DESARROLLO Y EL CRECIMIENTO ECONÓMICO

Keith M Naicker

## RESUMEN:

El abastecimiento sostenible de recursos hídricos representa la base del crecimiento económico y del desarrollo y la gestión de nuestras ciudades. En consecuencia, la gestión sólida de las empresas públicas de aguas es un imperativo para el desarrollo. Las empresas de aguas y otros servicios públicos deben cumplir con sus obligaciones de una manera económicamente eficiente y operativamente responsable.

La presentación demuestra, haciendo uso de diversos indicadores financieros y operativos, que Rand Water, sin duda la mayor empresa pública de aguas de África, ha sido capaz de cumplir con sus obligaciones ininterrumpidamente de un modo económicamente eficiente y operativamente responsable. Como resultado, tras 104 en funcio-

namiento, Rand Water no supone ninguna carga fiscal para el Estado, tiene una política de precios que refleja los costes y logra generar suficiente superávit para invertir en sus necesidades de infraestructuras actuales y futuras.

Como resultado de su gestión y sus operaciones eficientes, Rand Water proporciona la base del crecimiento y el desarrollo económico en la Provincia de Gauteng, en Sudáfrica. Es el corazón económico del país y la economía más grande de África.

## PALABRAS CLAVE:

Gestión de empresas públicas de aguas, sostenibilidad financiera, sostenibilidad operativa, política de precios que refleja los costes, crecimiento económico.

# PROYECTO DE ALCANTARILLADO DE PUERTO CORTES

Marlon Lara y German Sturzenegger

## RESUMEN:

Los destrozos causados por la tormenta Gert en 1993 y la consecuente escasez de agua que afectó al municipio de Puerto Cortés durante los meses subsiguientes, hicieron que tanto las autoridades locales como la población se dieran cuenta de que no era en Tegucigalpa donde les iban a resolver el problema. Fue así como Marlon Lara, un joven político electo como alcalde en enero de 1994, se convirtió en el abanderado de una reforma del sistema de agua y saneamiento que conduciría a la descentralización de estos servicios y la generación del modelo Puerto Cortés.

Contando con el respaldo decidido del BID, el modelo institucional desarrollado por Lara incluye tres componentes:

- ▶ Una Empresa de Capital Mixto (orientado a garantizar autonomía en la prestación de los servicios de agua y saneamiento).
- ▶ Un Fondo Fideicomiso (orientado a garantizar uso transparente de los recursos).
- ▶ Ente Regulador (orientado a garantizar el respeto de los compromisos asumidos).

El caso de Puerto Cortés ha demostrado que la descentralización en Honduras es posible y que el municipio puede prestar los servicios de agua y

saneamiento a la ciudad (98%) de una manera eficiente. El caso deja una serie de lecciones que pueden ser de utilidad en procesos de reforma similares.

- ▶ Las reformas tienen más probabilidad de éxito si un líder local las abandera.
- ▶ La solidez institucional representa un elemento clave para equilibrar o evitar la personalización excesiva de una reforma y garantizar su permanencia.
- ▶ En Puerto Cortés los donantes internacionales se mantuvieron lejos de la vista del público, lo que contribuyó a dotar de legitimidad al proceso.
- ▶ El municipio tuvo voz y voto en el desarrollo de la reforma.
- ▶ El manejo del tiempo político.
- ▶ Mantener bien informada a la comunidad.
- ▶ No desestimar la voluntad de pagar por buenos servicios.

## PALABRAS CLAVE:

Puerto Cortés, Honduras, agua y saneamiento, descentralización, Marlon Lara, Banco Interamericano de Desarrollo (BID).

# TRATAMIENTO DE AGUAS Y RECUPERACIÓN DE COSTES MEDIANTE LA EMPRESA SOCIAL DE GRAMEEN-VEOLIA WATER LTD EN BANGLADESH

Samir Chowdhury y Gilbert Olivier

## RESUMEN:

En 2007, Grameen Bank\* y Veolia Water\*\* unieron fuerzas para crear Grameen – Veolia Water Ltd, una empresa cuyo objetivo es suministrar agua a una región desfavorecida de Bangladesh. En la actualidad, las únicas fuentes de suministro en esta región son acuíferos contaminados de arsénico.

Esta nueva empresa tiene como finalidad suministrar agua potable con los mejores niveles de calidad a tarifas socialmente aceptables. Las infraestructuras para ejecutar el proyecto están siendo

diseñadas en la actualidad. Como Grameen – Veolia Water Ltd no es una organización con ánimo de lucro, los beneficios financieros del servicio se reinvierten en el proyecto. Esta iniciativa se enmarca en el modelo de “empresa social” y su propósito es suministrar agua potable a un número de personas cada vez mayor en zonas desfavorecidas.

\* El presidente de Grameen Bank es el profesor Yunus, creador del concepto del microcrédito y Premio Nobel de la Paz en 2006

\*\* Veolia Eau es líder mundial en servicios y soluciones tecnológicas de aguas



Semana Temática 6

# CAMBIO CLIMÁTICO Y FENÓMENOS EXTREMOS

Hacia un mundo de incertidumbre  
y escasez de agua



# Documento de síntesis

Coordinadores: José Manuel Moreno, Joseph M. Alcamo, Luis J. Mata y Jean Palutikof

## PRESENTACIÓN

El agua dulce es un recurso básico para la vida en la tierra y para el bienestar de los seres humanos. La humanidad emplea actualmente más de la mitad de toda el agua dulce a la que tenemos acceso y está agotando los recursos hídricos subterráneos. La seguridad del agua es un problema para muchos que no tienen acceso a un agua potable de calidad. El desarrollo humano está íntimamente relacionado con garantizar agua segura para todos y así queda reconocido en los Objetivos de Desarrollo del Milenio (Objetivo 10: Haber reducido a la mitad en 2015 la proporción de personas sin acceso sostenible a agua potable segura y saneamiento) (ONU 2002). El cambio climático, no obstante, plantea un importante reto para el logro de estos objetivos.

Según el IV Informe de Evaluación del IPCC (Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático –IPCC 2007–), el calentamiento global puede alterar el ciclo del agua y con ello, la cantidad de lluvia, la forma en la que llueve, cuándo y dónde. Así, es posible que cambien la cantidad de agua disponible para el hombre y los riesgos relacionados con el agua. De hecho, el calentamiento global observado durante las últimas décadas ha estado relacionado con los cambios percibidos en los patrones de precipitación, la intensidad y los extremos, así como los grandes deshielos, y los cambios en la humedad del suelo y en las escorrentías. Entre otras observaciones se incluyen aumentos de fuertes precipitaciones y en el interior clasificadas como secas, un descenso de las reservas de agua de los glaciares montañosos, cambios en la amplitud y el tiempo de escorrentía de los ríos que se abastecen de glaciares y del deshielo, y en los fenómenos del hielo en ríos y lagos. Una investigación reciente indica que en algunas regiones algunos de estos cambios hidrológicos que se han

observado se pueden atribuir a la influencia humana sobre el clima (Barnett *et al.* 2008)

Durante este siglo, como el clima sigue calentándose, los modelos climáticos concuerdan con la previsión de más cambios en el ciclo del agua (Bates *et al.* 2008). Estos cambios incluyen cambios en las precipitaciones, con aumentos en las altas latitudes y en partes de los trópicos, y descensos en algunas regiones subtropicales y de latitudes medias inferiores. A mediados del siglo XXI, está previsto que la escorrentía anual de los ríos y la disponibilidad de los recursos hídricos aumente entre un 10 y un 40% a latitudes altas y en algunas zonas tropicales húmedas, y que descienda entre un 10 y un 30% en algunas regiones secas en latitudes medias y en los trópicos secos. Muchas zonas semiáridas y áridas (*e.g.* la cuenca mediterránea, la parte occidental de EE.UU., el sur de África y el Nordeste de Brasil) se hallan particularmente expuestas a los impactos del cambio climático y se prevé que sufran una disminución de los recursos hídricos debido a dicho cambio climático (Fig. 1). En el transcurso del siglo, se prevé que disminuyan las reservas de agua almacenadas en glaciares y nieve, con la consiguiente reducción de la disponibilidad de agua en las regiones abastecidas por el deshielo de las principales cadenas montañosas, y la afectación de una fracción considerable de la población mundial. La elevación del nivel del mar ampliará zonas de salinización de aguas subterráneas y estuarios, lo que dará como resultado un descenso de la disponibilidad de agua dulce para consumo humano y ecosistemas en las zonas costeras.

La frecuencia de las fuertes precipitaciones muy posiblemente aumentará en la mayoría de las zonas durante el siglo XXI, al igual que el riesgo de inundaciones por lluvia. Existe una tendencia a la sequía en los interiores continentales durante el verano, es-

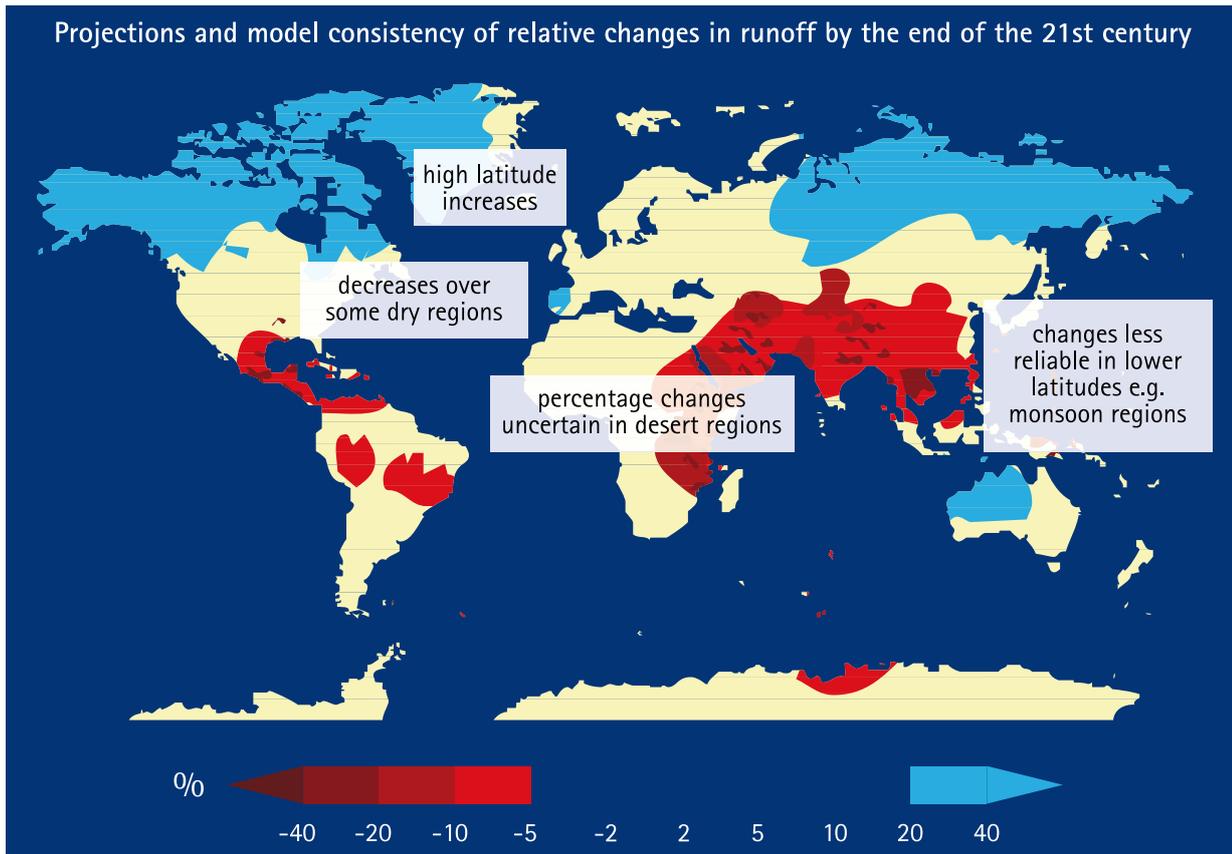


Figura 1. Cambios relativos a gran escala en la escorrentía anual (porcentaje de la disponibilidad de recursos hídricos) en el período 2090-2099, en comparación con 1980-1999. Los valores representan la mediana de 12 modelos climáticos utilizando el escenario SRES A1B. Las zonas blancas son donde menos del 66% de los 12 modelos están de acuerdo en la señal de cambio y las zonas sombreadas son donde más del 90% de los modelos están de acuerdo en la señal de cambio. Fuente: IPCC 2007.

pecialmente en las zonas subtropicales, en las bajas y medias latitudes. A nivel mundial, está previsto que aumente la proporción de superficies en extrema sequía en un momento dado, así como la frecuencia y gravedad de dichos momentos de sequía extrema. Se espera una elevación de las temperaturas del agua, un aumento de la intensidad de las precipitaciones y períodos más largos de flujos bajos. Se prevé que este hecho agrave muchas formas de contaminación de las aguas (desde sedimentos, nutrientes, carbono orgánico disuelto, patógenos, pesticidas y sal, además de la contaminación térmica) con impactos negativos sobre los ecosistemas, la salud humana y la fiabilidad y los costes operativos de los sistemas hídricos.

Este volumen es el resultado de la reunión internacional celebrada por la "Tribuna del Agua" de EXPOZARAGOZA 2008. La reunión tuvo lugar mientras estaba abierta y en funcionamiento EXPOZARAGOZA y permitió a los más de 200 participantes

procedentes de muchos países de todo el mundo hablar sobre el tema que constituyó el centro de EXPOZARAGOZA: el agua. La semana dedicada al agua, al cambio climático y a los fenómenos extremos se programó para contemplar algunos de los principales temas relacionados con el impacto del cambio climático sobre el ciclo del agua y sus consecuencias para los seres humanos. La semana temática se organizó en nueve sesiones, tres por cada día de duración. El primer día se dedicó a evaluar las tendencias y previsiones futuras, en particular las lluvias, los extremos climáticos relacionados con el agua y sus impactos sobre las masas y sistemas de agua. La primera sesión dirigió una mirada retrospectiva a las tendencias observadas con respecto a los pluviogramas mundiales del siglo pasado con especial atención a los resultados del reciente Informe 4AR del IPCC y el Documento Técnico del IPCC sobre el Agua. Ahora hemos sabido que la fuerza antropogénica ha tenido una influencia detectable sobre

los cambios observados en la precipitación media dentro de las bandas latitudinales y estos cambios no se pueden explicar mediante la variación climática interna o por las fuerzas naturales (Zhang *et al.* 2007). Por lo tanto, se necesitan unas previsiones sobre un futuro clima más cálido para evaluar lo que podemos esperar de los años venideros. El futuro, no obstante, está plagado de incertidumbres, especialmente en las zonas semiáridas, que deberán concretarse para orientar la futura adaptación.

Inundaciones y sequías son dos de los riesgos relacionados con el clima que tienen más probabilidades y activos en las vidas humanas cada año. Los dos se trataron de manera específica en una sesión que se centró en los cambios en la frecuencia e intensidad de ambos riesgos y en la magnitud de los impactos previstos. También se presentó un caso particular de cómo está tratando España el riesgo de inundaciones. Cuando la lluvia cae sobre la tierra, de camino al mar el agua se queda en forma de nieve o hielo o en los humedales durante un cierto período de tiempo. La nieve y el hielo son cruciales para millones de personas, puesto que alimentan los ríos en verano cuando escasean las lluvias. Millones de personas confían en el agua que ofrecen estos dos recursos. De igual modo, los humedales son la principal fuente de recursos hídricos, nos ayudan a mantener la riqueza de vida y son una parte muy valorada de nuestra referencia diaria con respecto al lugar donde vivimos. Los impactos sobre los sistemas hídricos se tratarán por tanto en una sesión.

El segundo día se dedicó a hablar sobre la disponibilidad y los usos del agua y sus impactos sobre la producción de alimentos, la economía y la sociedad. La primera sesión trató sobre la disponibilidad del agua. Gran parte del agua que cae sobre la tierra es reasumida por el hombre. Esta cantidad depende de cuántas personas se encuentren en ese lugar y de los usos a los que vaya destinada. La cantidad y la calidad del agua, así como la demanda, cambiarán conforme vaya cambiando el clima. El tamaño de las poblaciones que habitan en las cuencas con restricciones de agua puede aumentar entre un 62 y un 75% en 2050, dependiendo de los modelos y los escenarios (Alcamo *et al.* 2007). Tienen prioridad elevada la identificación de futuras tendencias de abastecimiento y demanda y los puntos conflictivos. Aparte de su utilización como agua de boca, la seguridad alimentaria está entre nuestras primeras necesidades. Gran parte de la agricultura del plane-

ta depende de los cultivos de secano; otros cultivos dependen del regadío y el ganado depende de los alimentos y pastos naturales, ambos íntimamente relacionados con la lluvia. La relación entre la lluvia y el PIB en muchos países sigue siendo una realidad en el sentido de que el PIB varía según la lluvia que cae cada año. Los riesgos que plantea el agua con respecto al abastecimiento de alimentos se trataron en una sesión específica. Además, los cambios en la disponibilidad de alimentos y recursos debido a los cambios en la lluvia afectarán a muchos aspectos de nuestra vida diaria. Es necesario comprender igualmente los costes económicos y sociales de dichos cambios. El hambre y el empobrecimiento pueden hacer que muchas personas emigren y provocar inseguridad y conflictos en muchas partes del planeta (EC 2008; Raleigh *et al.* 2008). El cambio climático plantea muchos retos para la gobernanza de nuestro medio ambiente, incluida el agua.

El tercer y último día se dedicó a tratar los temas de adaptación a la vida en un mundo con escasez y variabilidad de recursos hídricos debido a los cambios climáticos. Los sistemas de gestión nos ayudan a organizar y distribuir los recursos hídricos allí donde y cuando se necesitan, independientemente de la cantidad de lluvia. Es muy probable que el cambio climático afecte al funcionamiento y la operación de la infraestructura existente de recursos hídricos, además de a las prácticas de gestión de recursos hídricos (Kundzewicz *et al.* 2007). Nuestros sistemas se planificaron basándose en un mundo que se consideraba estable y, por consiguiente, previsible. El futuro se proyectó sobre la base del pasado, pero ya no será este el caso. El cambio climático mina un supuesto básico que históricamente ha facilitado la gestión de suministros y demandas de recursos hídricos (Milly *et al.* 2008). Por consiguiente, tenemos que evaluar nuestro grado de vulnerabilidad ante los cambios en la previsión de recursos hídricos y qué opciones tenemos para adaptarnos a un mundo con menos agua y más variable en el tiempo y en el espacio y a lo largo de los años. Tenemos que volver a diseñar el modo de organizar nuestros sistemas de gestión para afrontar este nuevo paradigma de un mundo en constante evolución y que sean “resistentes al clima” (Biemans *et al.* 2006). A la hora de contemplar necesidades futuras, hay que volver a evaluar las opciones para afrontar la escasez entre partes competidoras, un hecho especialmente necesario en los países en vías de desarrollo, aunque también en el mundo más desarrollado que afronta nuevos retos.

# Referencias

**Alcamo, J.,** M. Flörke, M. Märker (2007). Future long-term changes in global water resources driven by socio-economic and climatic change. *Hydrological Sciences–Journal–des Sciences Hydrologiques*, 52(2) 247-275.

**Barnett, T. P.,** D. W. Pierce, H. G. Hidalgo, C. Bonfils, B. D. Santer, T. Das, G. Bala, A. W. Wood, T. Nozawa, A. A. Mirin, D.R. Cayan, & M. D. Dettinger (2008). Human-Induced Changes in the Hydrology of the Western United States. *Science* 319: 1080-1083.

**Bates B.,** Z. W. Kundzewicz, S. Wu, N. Arnell, V. Burkett, P. Döll, D. Gwary, C. Hanson, B. Heij, B. Jiménez, G. Kaser, A. Kitoh, S. Kovats, P. Kumar, C. Magadza, D. Martino, L. J. Mata, M. Medany, K. Miller, T. Oki, B. Osman, J. Palutikof, T. Prowse, R. Pulwarty, J. Räisänen, J. Renwick, F. Tubiello, R. Wood, Z. Zhao, J. Arblaster, R. Betts, A. Dai, C. Milly, L. Mortsch, L. Nurse, R. Payne, I. Piskvar, T. Wilbanks (2008). IPCC Technical Paper on Climate Change and Water.

[<http://www.ipcc.ch/meetings/session28/doc13.pdf>] Accessed pm KJune 12th, 2008.

**Biemans, H.,** H. van Schaik, P. Kabat (2006). Water and climate risks: A plea for climate proofing of water development strategies and measures. Wageningen : Co-operative Programme on Water and Climate, 35 pp.

[<http://www.wac.ihe.nl/UserFiles/File/manifest.pdf>]. Accessed on June 12th, 2008.

**EC (2008).** Climate change and international security. Paper from the High Representative and the European Commission to the European Council. S113/08. [<http://register.consilium.europa.eu/pdf/en/08/st07/st07249.en08.pdf>]. Accessed on June 12th, 2008.

**UNDP (2006).** Human Development Report 2006. Palgrave Macmillan, New York, NY. USA.

[<http://hdr.undp.org/en/media/hdr06-complete.pdf>] Accessed on June 12th, 2008.

**IPCC (2007).** Climate Change 2007: Synthesis Report.

[[http://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar4/syr/ar4\\_syr.pdf](http://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar4/syr/ar4_syr.pdf)]. Accessed on June 12th, 2008.

**Kundzewicz, Z.W.,** L.J. Mata, N.W. Arnell, P. Döll, P. Kabat, B. Jiménez, K.A. Miller, T. Oki, Z. Sen and I.A. Shiklomanov, 2007: Freshwater resources and their management. Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, M.L. Parry, O.F. Canziani, J.P. Palutikof, P.J. van der Linden and C.E. Hanson, Eds., Cambridge University Press, Cambridge, UK, 173-210.

**Milly, P.C.D.,** J. Betancourt, M. Falkenmark, R. M. Hirsch, Z. W. Kundzewicz, D. P. Lettenmaier, R. J. Stouffer (2008). Stationarity is dead: whither water management? *Science* 319: 573-574.

**Raleigh, C.,** L. Jordan, I. Salehyan (2008) Assessing the Impact of Climate Change on Migration and Conflict. Social Development. The World Bank, Washington, D.C.

[[http://siteresources.worldbank.org/EXTSOCIALDEVELOPMENT/Resources/SDCCWorkingPaper\\_MigrationandConflict.pdf](http://siteresources.worldbank.org/EXTSOCIALDEVELOPMENT/Resources/SDCCWorkingPaper_MigrationandConflict.pdf)]. Accessed on June 12th, 2008.

**UN 2002.** Report of the World Summit on Sustainable Development. Johannesburg, South Africa, 26 August-4 September 2002. United Nations, New York.

[[http://www.unmillenniumproject.org/documents/131302\\_wssd\\_report\\_reissued.pdf](http://www.unmillenniumproject.org/documents/131302_wssd_report_reissued.pdf)]. [Accessed on June 12th, 2008.

**Zhang, X.,** F. W. Zwiers, G. C. Hegerl, F. H. Lambert, N. P. Gillett, S. Solomon, P. A. Stott, T. Nozawa (2007). Detection of human influence on twentieth-century precipitation trends. *Nature* 448: 461-465.

# Colaboradores

**Alcamo, Joseph M.:** Centre for Environmental Systems Research, University of Kassel, Kassel, Germany/ The Global Water System Project.

**Andah, Winston:** Water Resources Institute/Challenge Program Water for Food, Ghana.

**Andreini, Marc:** International Water Management Institute.

**Bakker, Marloes:** Cooperative Programme on Water and Climate, Delft, The Netherlands.

**Barry, Boubacar:** International Water Management Institute.

**Bindi, Marco:** Department of Agronomy and Land Management, University of Florence, Florence, Italy.

**Blair, John M.:** Division of Biology, Kansas State University, Manhattan, Kansas, USA.

**Cañón, Julio:** Department of Civil Engineering and Engineering Mechanics, The University of Arizona, Tucson, AZ, USA. SAHRA (Sustainability of semi-Arid Hydrology and Riparian Areas) NSF Center, Tucson, AZ, USA.

**Casassa, Gino:** Centro de Estudios Científicos, Valdivia, Chile.

**Cohen, Stewart J.:** Department of Forest Resources Management, University of British Columbia, Vancouver, BC Canada.

**Cubasch, Ulrich:** Meteorological Institute, Free University of Berlin, Berlin, Germany.

**González, Javier:** Dept. of Civil Engineering, University of Castilla La Mancha, Ciudad Real, Spain.

**Hank, Tobias:** Department for Geography, Ludwig-Maximilians University (LMU), Munich, Germany.

**Heisler-White, Jana L.:** Graduate Degree Program in Ecology and Department of Biology, Colorado State University, Fort Collins, Colorado, USA.

**Howden, S. Mark:** CSIRO Climate Adaptation Flagship, GPO Box 284, Canberra, ACT 2601, Australia.

**Jung, Gerlinde:** Institute for Meteorology and Climate Research (IMK-IFU), Germany. Now at CNR-Institute for Atmospheric Pollution, Rende, Italy.

**Knapp, Alan K.:** Department of Biology, Colorado State University; Fort Collins, Colorado, USA.

**Kundzewicz, Zbigniew W.:** Research Centre for Agricultural and Forest Environment, Polish Academy of Sciences, Poznań, Poland/ Potsdam Institute for Climate Impact Research, Potsdam, Germany.

**Kunstmann, Harald:** Institute for Meteorology and Climate Research (IMK-IFU), Germany.

**Laube, Wolfram:** Center for Development Studies (ZEF), Germany.

**Laux, Patrick:** Institute for Meteorology and Climate Research (IMK-IFU), Germany.

**Leichenko, Robin M.:** Department of Geography, Rutgers University, USA.

**Liebe, Jens:** Center for Development Studies (ZEF), Germany.

**Mata, Luis J.:** University of Arizona, Tucson, AZ, USA.

**Mausser, Wolfram:** Department for Geography, Ludwig-Maximilians University, Munich, Germany.

**Moreno, José M.:** Department of Environmental Sciences, University of Castilla-La Mancha, Toledo, Spain.

**O'Brien, Karen L.:** Department of Sociology and Human Geography, University of Oslo, Oslo, Norway.

**Pahl-Wostl, Claudia:** Institute of Environmental Systems Research/Department of Mathematics and Computer Science, University of Osnabrück, Osnabrück, Germany.

**Palutikof, Jean:** IPCC Working Group II Technical Support Unit; Meteorological Office of the United Kingdom, Exeter, UK.

**Pérez Llorens, José Lucas:** Department of Biology, University of Cádiz, Puerto Real, Cádiz, Spain.

**Pulwarty, Roger S.:** National Integrated Drought Information System, National Oceanographic and Atmospheric Administration (NOAA), Boulder, Colorado, USA.

**Smith, Melinda D.:** Department of Ecology and Evolutionary Biology, Yale University, New Haven, Connecticut, USA.

**Valdés, Juan B.:** Department of Civil Engineering and Engineering Mechanics, The University of Arizona, Tucson, AZ, USA. SAHRA (Sustainability of semi-Arid Hydrology and Riparian Areas) NSF Center, Tucson, AZ, USA.

**van de Giesen, Nick:** Faculty of Civil Engineering and Geosciences, Delft University of Technology, The Netherlands.

**van Schaik, Henk:** Cooperative Programme on Water and Climate, Delft, The Netherlands.

**Wilby, Robert L.:** Department of Geography, Lancaster University, Lancaster, UK.

**Yagüe Córdova, Jesús:** Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino, Madrid, Spain.

# LOS RECURSOS HÍDRICOS SEGÚN EL IV INFORME DE EVALUACIÓN DEL IPCC

Jean Palutikof

## RESUMEN:

El Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático acaba de publicar su cuarto Informe de Evaluación que presenta una valoración actualizada de las publicaciones científicas sobre la base física del cambio climático (Grupo de trabajo I), impactos, adaptación y vulnerabilidad (Grupo de trabajo II) y mitigación (Grupo de trabajo III). Unos 500 autores de todo el mundo se reunieron durante un período de cinco años para redactar los tres informes de valoración junto con el Informe Síntesis, cada uno de los cuales ha sido sometido a un riguroso proceso de revisión por parte de los expertos y los gobiernos. La última publicación del Cuarto Informe consistirá en un Documento técnico sobre “Agua y Cambio climático”. Se trata de una destilación de todo el material de la Evaluación y los Informes especiales del IPCC que tra-

ta sobre el tema, aunque naturalmente se centra principalmente en el Cuarto Informe, puesto que es el más actualizado. Se espera que aparezca en agosto de 2008 y se traducirá a todos los idiomas oficiales de Naciones Unidas. Este documento presenta los principales resultados de la Cuarta Evaluación del IPCC en cuanto a su relación con el cambio climático y los recursos hídricos. Observa el proceso mediante el cual se han redactado, revisado y aprobado los Informes de Evaluación. Informa brevemente sobre las decisiones tomadas hasta la fecha en la Quinta Evaluación.

## PALABRAS CLAVE:

IPCC, cambio climático, recursos hídricos, disponibilidad del agua.

# FUTURAS PREVISIONES DE LLUVIAS

Ulrich Cubasch

## RESUMEN:

La distribución pluvial del futuro clima se calcula mediante modelos climáticos a escala mundial. Estos modelos, que con frecuencia proceden de modelos de previsión meteorológica, resuelven las ecuaciones físicas en unas coordenadas que representan la atmósfera terrestre. Como las precipitaciones son muy irregulares, se combinan múltiples simulaciones con diversos modelos desarrollados por distintos grupos de investigación. Estos modelos predicen en el caso de un aumento de la media de la concentración de gases de efecto invernadero un aumento de la precipitación debido a las temperaturas más altas, pero la distribución no es uniforme. Por lo general, las regiones secas se vuelven más áridas, mientras que las regiones húmedas se vuelven todavía más húmedas. En las regiones con lluvias, existe una tendencia hacia una precipitación más intensa. La cuadrícula de

los modelos globales tiene habitualmente una resolución de entre 200 y 400 km<sup>2</sup>. Es demasiado amplia para estimar el cambio en las precipitaciones a escala regional, por ejemplo, en un país del tamaño de España, o en cuencas hidrográficas. Los modelos regionales de alta resolución van incrustados en los modelos mundiales para estimar el cambio climático hasta una resolución horizontal de 10 kilómetros. También se han desarrollado modelos estadísticos para obtener información a escala regional.

## PALABRAS CLAVE:

Modelización climática, modelos climáticos regionales, cambio en las precipitaciones, calentamiento global.

# CÓMO AFRONTAR LAS INCERTIDUMBRES DEL FUTURO CLIMA: EL RETO ESPECIAL DE LAS REGIONES SEMIÁRIDAS

Robert L. Wilby

## RESUMEN:

Las regiones semiáridas se enfrentan a diversas amenazas a causa del cambio climático, entre las que se encuentran las sequías, las inundaciones repentinas, la degradación y la erosión del suelo, la desertificación y la escasez de agua. Por ejemplo, se espera que el cambio climático haga descender la escorrentía y aumente la escasez de recursos hídricos en la cuenca mediterránea. Sin embargo, los escenarios de precipitaciones son muy difíciles de producir en dichas zonas debido a la alta variabilidad y a la intermitencia de las lluvias en el tiempo y en el espacio. La tarea se dificulta todavía más por la compleja orografía y las escasas redes de observación. Sin embargo, se necesitan urgentemente herramientas y técnicas para apoyar las evaluaciones regionales sobre el cambio climático, especialmente en los países en desarrollo de las regiones semiáridas y áridas. Esta ponencia analiza las últimas técnicas de construcción de escenarios pluviales a escala regional en las zonas semiáridas como la cuenca mediterránea, el norte de África y zonas de Oriente Medio. Proyecciones realizadas

a partir de distintos modelos climáticos y técnicas de recorte indican grandes variaciones a escala de cuenca. Por consiguiente, se pone cada vez más hincapié en identificar soluciones de adaptación de baja inversión: las que tienen sentido independientemente del futuro escenario climático. Entre otros ejemplos destacan la previsión estacional para mejorar la preparación de la sequía, o una vuelta a las tradicionales técnicas de recogida de agua. Otros planteamientos, como el del análisis de la sensibilidad, ayudan a identificar “puntos de inflexión” o límites en la adaptación. No obstante, los esfuerzos por caracterizar las incertidumbres en la parte del suministro deben ser compensados en última instancia con iniciativas para reducir la demanda de agua y, por consiguiente, reducir al mínimo la vulnerabilidad a largo plazo.

## PALABRAS CLAVE:

Cambio climático, región seca, escenario, recorte, incertidumbre, precipitación.

# RIESGO DE SEQUÍAS: CARACTERIZACIÓN, RETOS Y OPORTUNIDADES

Juan B. Valdés, Julio Cañón y Javier González

## RESUMEN:

El cambio climático tendrá un impacto significativo sobre los recursos hídricos del planeta. Concretamente, la intensificación del ciclo hidrológico supondrá un aumento de la variabilidad del clima y de la frecuencia y la magnitud de los fenómenos extremos como las sequías y las inundaciones. Las sequías son de interés especial en las regiones áridas y semiáridas, donde será necesario abordar pronto la competencia por los recursos hídricos debido a la presión de la población y al uso no sostenible de aguas superficiales y subterráneas. También se agravará el nexo agua-energía y se intensificará la competencia entre el uso agrícola y residencial/industrial de los recursos hídricos. El suroeste de Estados Unidos es una región gravemente afectada por estas tensiones y se presenta-

rán los esfuerzos actuales por caracterizar, prevenir y mitigar el impacto de las sequías. Las sequías son una preocupación especial debido a su gran medida en el espacio y largas duraciones y a la falta de definición uniforme y consistente de su intensidad y frecuencia. Los recientes avances en la detección a distancia y la identificación de precursores climáticos como ENSO y su relación con los climas regionales han facilitado el aviso previo de sequía y su impacto relacionado con la agricultura y la posible hambruna.

## PALABRAS CLAVE:

Caracterización de la sequía, crisis mundial, previsión de la sequía.

# FUERTES PRECIPITACIONES E INUNDACIONES

Zbigniew W. Kundzewicz

## RESUMEN:

El promedio anual de daños económicos por inundaciones a nivel mundial ha aumentado por orden de magnitud en las últimas cuatro décadas, en unidades monetarias ajustadas a la inflación. Este hecho se ha debido a cambios socioeconómicos (aumento de la población y activos en zonas proclives a las inundaciones y cambios en los usos de los terrenos), terrestres (cambio de la cubierta de los terrenos y reducción del almacenaje natural) y factores climáticos. El aumento antropogénico de la concentración atmosférica de gases de efecto invernadero lleva a favorecer el efecto invernadero, lo cual produce el calentamiento de la tierra e impactos tales como el deshielo de los glaciares y el aumento del nivel del mar. El aumento de la temperatura provoca la intensificación del ciclo hidrológico mediante el cual se vuelven más frecuentes y/o más extremas las inundaciones y las sequías. De hecho, se han observado recientemente varios ejemplos de casos de sequía e inundación en la misma zona en un breve intervalo de tiempo (*e.g.* en España). La capacidad de la atmósfera para retener humedad se ha visto aumentada con la temperatura, a una

media del 7% por 1°C, con la consecuencia de riesgo de inundaciones. Las pruebas de las observaciones nos indican un aumento de la probabilidad (y de la cantidad) de precipitaciones intensas en el clima cálido. Sin embargo, debido a la fuerte variabilidad natural de los cursos altos de los ríos y los múltiples mecanismos de generación de inundaciones, no se ha documentado ningún cambio omnipresente y estadísticamente significativo. Se han observado cambios regionales en la duración de las inundaciones, con un aumento de las inundaciones a último de otoño (causadas por las lluvias) y en invierno. En contraste, ha descendido la cantidad de inundaciones relacionadas con el deshielo y con bloqueos por hielo en gran parte de Europa. Los cambios en la frecuencia de las inundaciones asociados al clima son complejos y dependen del mecanismo generador de inundaciones (*e.g.* precipitaciones intensas frente a deshielo).

## PALABRAS CLAVE:

Fenómenos meteorológicos extremos, precipitación intensa, inundaciones, cambio climático.

# CARTOGRAFÍA DE ZONAS INUNDABLES EN ESPAÑA

Jesús Yagüe Córdoba

## RESUMEN:

La repercusión social y económica de las inundaciones cada día es mayor. Las previsiones sobre el cambio climático no parecen favorecer este hecho sino todo lo contrario. Por este motivo tanto el gobierno europeo como el español han introducido en sus legislaciones una serie de medidas que frenen esta tendencia y minimicen los daños en la medida de lo posible. Con la entrada en vigor de la Directiva Europea sobre Inundaciones y la Modificación del Reglamento del Dominio Público Hidráulico se han puesto en marcha una serie de actuaciones encaminadas al conocimiento, gestión y paliación del riesgo. Una de estas medidas es la elaboración de los mapas de peligrosidad de las inundaciones a nivel nacional, otras es la organización de estos mapas dentro del Sistema Nacio-

nal de Cartografía de Zonas Inundables. Dado que la solución al problema de las inundaciones no es única sino que además las medidas propuestas tienen un carácter holístico además de las 2 citadas el Ministerio se enfrenta al problema desde varios frentes: seguridad del patrimonio hidráulico, ya que este es fundamental en la gestión de las avenidas, restauración de cauces, Sistemas Automáticos de Información Hidrológico que incorporen Sistemas de Alerta Temprana, etc.

## PALABRAS CLAVE:

Zonas inundables, reglamento del dominio público hidráulico, directiva europea sobre inundaciones, mapas de peligrosidad.

# NIEVE Y HIELO SOBRE EL PLANETA TIERRA: SITUACIÓN ACTUAL, IMPACTOS Y PREVISIONES

Gino Casassa

## RESUMEN:

La nieve y el hielo en nuestro planeta incluyen a los glaciares montañosos, las plataformas de hielo, las láminas de hielo continentales, la nieve estacional, el suelo congelado, el hielo del mar y el hielo de agua dulce que aparece en las regiones polares y en las zonas de alta montaña. Existe prueba abundante y significativa de que la mayoría de estos componentes criosféricos están sufriendo una reducción generalizada como respuesta al calentamiento de la tierra con efectos que se pueden detectar ya en el medio ambiente y en las distintas actividades de los seres humanos. Dicha reducción incluye un fuerte descenso del hielo del océano Ártico, una disminución de la capa de nieve a nivel mundial, una extendida bajada de los glaciares y el colapso de las plataformas de hielo flotante en el Ártico y el Antártico con la aceleración asociada del curso y el estrechamiento de los glaciares del interior. Los efectos asociados con la

reducción criosférica incluyen la modificación de los patrones de escorrentía debido al aumento del deshielo de los glaciares, la temprana aparición del deshielo primaveral, el descenso del tráfico rodado en las carreteras heladas del Ártico; el aumento del peligro asociado a los glaciares y las inestabilidades de las pendientes debido al debilitamiento mecánico de los suelos sometidos a deglaciación; los cambios en los ecosistemas marinos y de agua dulce afectados por la reducción del hielo en lagos, ríos y mares; cambios en la vida del Ártico y de la montaña; reducción de las actividades del esquí, escalada en hielo y actividades al aire libre en zonas de montaña afectadas por la deglaciación; y mayor tráfico de navíos en el Ártico.

## PALABRAS CLAVE:

Nieve, hielo, criosfera, retirada de los glaciares, aumento del nivel del mar.

# IMPACTOS DEL CAMBIO CLIMÁTICO SOBRE LOS ECOSISTEMAS DE LOS HUMEDALES

José Lucas Pérez Lloréns

## RESUMEN:

Los humedales abarcan un espectro heterogéneo de hábitats acuáticos, ampliamente reconocidos como puntos conflictivos de la biodiversidad y componentes clave del presupuesto mundial del carbono. Proporcionan una amplia variedad de bienes (*e.g.* alimentos, agua potable) y servicios (*e.g.* purificación del agua, regulación del clima, regulación de las inundaciones, protección de las costas, etc.) del ecosistema al bienestar de las personas. Los humedales dependen mucho de los niveles de agua y también de los cambios en las condiciones climáticas (*e.g.* ciclo hidrológico, es decir, la naturaleza y variabilidad de las estaciones húmeda y seca y la cantidad y gravedad de los fenómenos extremos) influirán ampliamente en su estructura y funcionamiento. Existe una amplia y continua degradación y pérdida de los humedales. Los impactos antropogénicos directos no relacionados con el clima (*e.g.* el drenaje, las extracciones de agua, la fragmentación del hábitat, la eutroficación, etc.) han sido más notorios que los impactos directamente atribuidos al cambio climático. Se espera que los actores climáticos y no climáticos actúen de manera sinérgica en los humedales, lo que provocará cambios enormes y abruptos que serán difíciles, costosos a nivel económico o imposibles de dar marcha atrás. Los ecosistemas son jerárquicos y el cambio climático está proyectado para cambiar su estructura y funcionamiento afectando a los componentes abióticos y bióticos (desde los organismos individuales a las poblaciones y comunidades). El impacto general dependerá de la capacidad de recuperación del ecosistema y de la tasa y magnitud del cambio en los diversos ejecutores críticos del clima, como la temperatura y la disponibilidad del agua (en los humedales in-

teriores) y, además, el nivel del mar y las oleadas de tormentas (en los humedales costeros y zonas bajas). La temperatura afectará a las zonas bióticas (*e.g.* a través de la fisiología, una variedad de una especie cambia, el metabolismo general de una comunidad, etc.) y a las abióticas (*e.g.* mezcla física, calidad de las aguas, etc.). Los cambios en el ciclo hidrológico junto con un aumento del nivel del mar y un aumento de las oleadas de tormentas darán como resultado el favorecimiento de la erosión de los hábitats costeros, la salinización de los acuíferos y estuarios subterráneos, una alteración de las variedades sísmicas, cambios en los aportes de sedimentos y cargas de nutrientes, aumento de inundaciones y, en consecuencia, un descenso de la disponibilidad de agua dulce para los seres humanos y los ecosistemas. Las predicciones acerca del grado y dirección del cambio climático en la especie y los ecosistemas se encuentran asociadas con los diversos grados de confianza que surgen de las incertidumbres acerca del cambio climático regional, la influencia de actores no relacionados con el clima y cómo responderán los complejos sistemas ecológicos. Es más, como el cambio climático altera el metabolismo del ecosistema y la composición de las especies, se esperan cambios ecológicos imprevistos (*e.g.* floraciones de algas perjudiciales o especies extrañas invasoras) que puedan amenazar los bienes y servicios que estos sistemas vienen ofreciendo a los seres humanos.

## PALABRAS CLAVE:

Actores climáticos, humedales costeros, funcionamiento del ecosistema, servicios del ecosistema, predicción, lagos, eutroficación, ríos, temperatura.

# EL CAMBIO CLIMÁTICO Y LA TRANSFORMACIÓN DEL SISTEMA MUNDIAL DEL AGUA

Joseph M. Alcamo

## RESUMEN:

Durante las próximas décadas, los cambios en el clima y en la sociedad nos traerán una gran transformación de los recursos hídricos a nivel mundial. Pero la intensidad y el tipo de riesgos de los recursos hídricos variarán enormemente de una región a otra. Por ejemplo, es posible que el cambio climático intensifique la escasez de agua en “regiones conflictivas”, como el sur de Europa, el nordeste de Brasil y el sur de África. En otros lugares, aumentarán las precipitaciones y la disponibilidad de recursos hídricos, aunque también con efectos secundarios negativos. En el caso de Europa, se espera un aumento de las precipitaciones durante el invierno y es posible que haya más inundaciones durante esta estación en las zonas centro y norte del continente. Mientras tanto, el calentamiento de la tierra ya ha acelerado el paso del deshielo de los glaciares en los Alpes, el Himalaya y otros lugares. Mientras continúe el deshielo, seguirá aumentando en un primer momento la escorrentía de los ríos alimentados por estos glaciares. Sin embargo, después, los glaciares descenderán al mismo tiempo que la escorrentía y esto pondrá en peligro el suministro de recursos hídricos aguas abajo. La sociedad necesita responder inmediatamente a estos riesgos, y esta respuesta

deberá tener lugar a todos los niveles, desde el nivel local al mundial. A nivel mundial existen tres tareas principales que emprender: en primer lugar, tenemos que reducir el riesgo inmediato para la sociedad mediante el establecimiento de sistemas integrales de alerta temprana de sequías e inundaciones. Segundo, tenemos que ampliar nuestro conocimiento de las transformaciones que están sucediendo en el sistema de recursos hídricos a nivel mundial ampliando el ámbito de las observaciones terrestres y realizando nuevos experimentos de campo y estudios a gran escala. Tercero, debemos proteger la naturaleza y a la sociedad a largo plazo reforzando la gobernanza mundial del agua. Esto quiere decir explorar nuevas vías de gestión de los recursos hídricos a nivel mundial a través de nuevas instituciones y convenios internacionales. Estas tareas requieren prioridad alta porque los abrumadores cambios que están teniendo lugar en el sistema mundial de recursos hídricos justifican una respuesta igualmente de gran alcance por parte de la sociedad.

## PALABRAS CLAVE:

Recursos hídricos, cambio climático, disponibilidad del agua.

# LOS CAMBIOS CLIMÁTICOS Y LA GESTIÓN DE LAS NECESIDADES DE AGUA

Henk van Schaik y Marloes Bakker

## RESUMEN:

El clima es un controlador fundamental del ciclo del agua. Determina de cuánta agua disponemos (suministro) y también es un factor importante para decidir cuánta agua necesitamos (demanda) a corto y a largo plazo para las personas, alimentación y ecosistemas. En 2020 se prevé que entre 75 y 250 millones de personas se vean expuestas a un aumento de la escasez de agua debido al cambio climático. A escala mundial, la demanda de agua crecerá en las próximas décadas debido principalmente al crecimiento de la población y al aumento de la afluencia; a escala regional, se esperan grandes cambios en la demanda de agua para riego como resultado de los cambios climáticos. Si no se hace nada, ambas tendencias afectarán negativamente a la vida y agravarán los problemas relacionados con el agua. Con un aumento de pruebas de lo contrario, todos los gobiernos deben empezar por volver a evaluar la idoneidad de sus infraestructuras además de los enfoques de sus instituciones y políticas legales, técnicas y económicas sobre gestión de recursos hídricos y servicios de abastecimiento de agua a la luz de los impactos previstos por el cambio climático. Me-

didias de suministro y demanda: Las medidas de adaptación para garantizar el suministro de agua durante las condiciones promedio y de sequía se pueden distinguir como medidas de demanda y medidas de suministro. Las primeras mejoran la eficacia en el uso del agua, es decir, mediante el uso de nuevas tecnologías como el riego por goteo, las restricciones en el uso, campañas de ahorro de agua y tarificación. Las estrategias de suministro generalmente afectan a los aumentos en la capacidad de almacenamiento, extracción de los cursos de agua y trasvases de agua. La gestión integrada de los recursos hídricos ofrece un importante marco para lograr medidas de adaptación a través de sistemas socioeconómicos, ambientales y administrativos. Este artículo presenta una breve introducción sobre la gestión del suministro y la demanda y una selección de ejemplos.

## PALABRAS CLAVE:

Cambio climático, gestión de la demanda, gestión del suministro, gestión integrada de recursos hídricos.

# CULTIVOS PARA LA ALIMENTACIÓN EN UN ENTORNO DE CALENTAMIENTO GLOBAL Y DE DISPONIBILIDAD DEL AGUA TEMPORAL

Marco Bindi y S. Mark Howden

## RESUMEN:

Gran parte de los alimentos de los que disponemos en el mundo dependen de los cultivos de regadío, por lo cual los cambios presentes y futuros en el ciclo del agua (es decir, la cuantía total, la distribución anual y la intensidad de las precipitaciones) pueden jugar un papel fundamental en la seguridad alimentaria mundial. En particular, la previsión de más cambios incluye un aumento de la temperatura y cambios en las precipitaciones, con descensos en algunas regiones secas de las latitudes medias y en los trópicos secos (*e.g.* la cuenca mediterránea, la parte occidental de Estados Unidos, Sudáfrica y el nordeste de Brasil) que pueden intensificar los actuales recursos hídricos de carácter limitado. Además, se esperan aumentos en la frecuencia y gravedad de las fuertes precipitaciones y períodos de sequía extrema durante el siglo XXI. Por último, la elevación del nivel del mar ampliará zonas de salinización de aguas subterráneas y estuarios, lo que dará como

resultado un descenso de la disponibilidad de recursos hídricos para riego en las zonas costeras. Todos estos pronósticos, junto con otros factores externos (aumentos en la demanda de alimentos, modificaciones en la dieta humana, etc.) pueden determinar importantes impactos en las producciones de los cultivos para la alimentación y en la consiguiente disponibilidad de alimentos. Este trabajo pretende presentar una visión completa de los impactos que tendrán el calentamiento de la tierra y la variación de la disponibilidad del agua sobre los cultivos para la alimentación y las estrategias de adaptación que se tendrán que emplear para afrontarlos.

## PALABRAS CLAVE:

Cultivos para la alimentación, cambio climático, disponibilidad de agua, temperatura.

# CAMBIO CLIMÁTICO Y PRADERAS: CONSECUENCIAS INESPERADAS DE LOS PLUVIOGRAMAS EXTREMOS

Alan K. Knapp, Jana Heisler-White, Melinda D. Smith  
y John M. Blair

## RESUMEN:

La variabilidad climática es una característica inherente a las praderas, con grandes fluctuaciones de las temperaturas y regímenes de precipitaciones caracterizados por inundaciones y sequía extrema que ocurre durante años o en el transcurso de estos. Los modelos climáticos mundiales y los datos emergentes indican que los extremos de los regímenes de las precipitaciones están aumentando en todo el mundo. Así pues, en el futuro se prevé que aumente la variabilidad en los modelos temporales de la disponibilidad de agua en las praderas, ya que está directamente influenciada por los modelos alterados de precipitaciones e indirectamente por la previsión de los aumentos de la temperatura. Los análisis de relaciones a largo plazo entre la productividad de las praderas y los pluviogramas unidos a las manipulaciones experimentales de las entradas de precipitaciones han dado motivos sorprendentes para comprender cómo estas praderas responderán a futuros climas más extremos. Los datos y experimentos a largo plazo han demostrado que aun en praderas rela-

tivamente mésicas, la disponibilidad del agua limita la productividad de la tierra en muchos años. Por consiguiente, la mayoría de las praderas serán sensibles al cambio climático. La sensibilidad puede verse influenciada por las condiciones de humedad del suelo de la estación latente además de por el pluviograma de la estación. Sorprendentemente, los aumentos de los extremos de las precipitaciones (mayores precipitaciones con intervalos de sequía más prolongados) durante el período vegetativo redujeron la productividad en las praderas mésicas, pero aumentaron la producción en las praderas semiáridas. La comprensión de las interacciones entre la cantidad de precipitaciones y su distribución en las praderas es la clave para prever las respuestas al cambio climático.

## PALABRAS CLAVE:

Producción neta principal de la tierra, producción de forraje, praderas, regímenes de precipitaciones extremas, variabilidad de las precipitaciones.

# CAMBIO CLIMÁTICO, GLOBALIZACIÓN Y ESCASEZ DE AGUA

Karen L. O'Brien y Robin M. Leichenko

## RESUMEN:

Es probable que gran cantidad de la población mundial se vea directa o indirectamente afectada por la escasez de agua provocada por el cambio climático, relacionada con los cambios en la cantidad, períodos y distribución de las precipitaciones, en el suministro del agua procedente del deshielo de los glaciares y en la cantidad, cualidad y accesibilidad de las aguas superficiales y subterráneas. No obstante, estos no son los únicos cambios a escala mundial que afectan a los recursos hídricos. La comercialización del agua y el mercado intercuenas, combinado con un aumento de las demandas agrícola, urbana e industrial, están creando nuevos contextos para acceder al agua, además de una nueva competencia por los recursos hídricos. En esta ponencia analizamos la relación que existe entre el cambio climático, la globalización

y la escasez de agua y tenemos en cuenta las implicaciones de cara a la seguridad de las personas. Mediante un marco de “doble exposición”, comentamos por qué aquellos que probablemente resulten afectados negativamente por el cambio climático es probable que experimenten también los resultados negativos de la globalización. Demostramos que la escasez de recursos hídricos en una era de cambio global está influenciada por las decisiones políticas tanto como por los cambios en el suministro físico. Como indica el marco de doble exposición, las decisiones sobre política hidrológica deben tener en cuenta los resultados potenciales del cambio climático y la globalización.

## PALABRAS CLAVE:

Cambio climático, globalización, privatización de los recursos hídricos, seguridad de las personas.

# CAMBIO CLIMÁTICO: UN RETO MUNDIAL PARA LA GOBERNANZA DEL AGUA

Claudia Pahl-Wostl

## RESUMEN:

El siglo XXI plantea desafíos extremos para la gobernanza de los problemas ambientales. El cambio climático y el aumento relacionado de los fenómenos extremos han sacado a la luz algunas vulnerabilidades de los actuales regímenes de gobernanza de recursos. Este hecho ha proporcionado más argumentos para la necesidad de desarrollar enfoques de gobernanza flexibles y adaptativos y enfoques innovadores para gestionar el riesgo y la incertidumbre con el fin de implementar y garantizar la sostenibilidad a largo plazo de la gestión de los recursos hídricos. También ha proporcionado fuertes argumentos para la necesidad de adoptar una perspectiva global y de múltiples niveles sobre los asuntos relacionados con la gobernanza del agua. Afrontar los retos del cambio climático exige un aumento de la capacidad adaptativa de los regímenes de gobernanza del agua. Son necesarias sólidas estrategias que actúen de forma satisfactoria en una variedad de futuros desarrollos,

en principio inciertos, pero posibles. Dichas estrategias sólo se pueden llevar a cabo de forma eficaz en regímenes de gestión de recursos hídricos que permitan el aprendizaje y adaptación a nuevos puntos de vista. La dimensión global del reto de la gobernanza es muy variada: Se necesitan procesos globales para compartir y evaluar de forma sistemática lecciones aprendidas con el fin de desarrollar un “enfoque diagnóstico” que permita unir características específicas de un problema de adaptación al cambio climático con enfoques de gobernanza apropiados para su resolución. Es necesario desarrollar más procesos innovadores sobre gobernanza mundial para afrontar los retos que exijan una respuesta coordinada mundial.

## PALABRAS CLAVE:

Gobernanza del agua, gestión adaptativa de los recursos hídricos.

# IMPLICACIÓN DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN LAS SEQUÍAS Y LA ESCASEZ DE AGUA

Luis José Mata

## RESUMEN:

Las sequías y la escasez de agua son asuntos importantes relacionados ambos con el cambio climático y la sostenibilidad. La deficiencia en la calidad del agua puede ser una causa importante de escasez de agua. La escasez de agua también es una cuestión de pobreza. Existen muchas regiones en el mundo que ya experimentan graves sequías y que se encuentran en situación de escasez de agua. El cambio climático aumentará de forma sustancial el número de personas que sufran escasez de agua. Si el cambio climático supone mayor escasez de agua en algunas regiones en relación con la demanda de agua, entonces, las estrategias de adaptación deberían incluir formas de mejorar la eficacia y la gestión en el uso de los recursos hídricos. Muchos países desarrollados y en desarrollo han realizado estudios pormenorizados sobre los impactos del cambio climático. Varios están actuando para implementar estrategias de adaptación. La adaptación al cambio climático debería ser el punto central del orden del día de la reunión sobre la pobreza internacional. Los más pobres del mundo apenas pueden huir del peligroso cambio climático. Los planteamientos actuales sobre planificación para la adaptación en muchos países se

centran en la idea de utilizar un enfoque a prueba de clima. La adaptación al cambio climático deberá reducir el riesgo de daños cuando se realice de antemano. Existen muchos factores que contribuyen a limitar la adaptación, factores que influyen en la capacidad adaptativa de los sistemas de gestión de los recursos hídricos. Es necesario ver la adaptación y la mitigación como respuestas complementarias al cambio climático. La presentación pretende ofrecer una valoración integral del conocimiento actual del efecto del cambio climático sobre la sequía y la escasez de agua en las regiones áridas y también de sus efectos sobre la sostenibilidad. El modo en el que el clima cambia impactará en los problemas ya existentes. Por qué la escasez de agua es un asunto relacionado con el clima y el desarrollo sostenible. Los impactos del cambio climático sobre las sequías y las respuestas de adaptación y las implicaciones regionales de la relación entre el cambio climático y las sequías.

## PALABRAS CLAVE:

Sequía, recursos hídricos, fenómenos extremos, escasez de agua.

# CAMBIO CLIMÁTICO Y AGUA: ADAPTACIÓN

Stewart J. Cohen y Roger S. Pulwarty

## RESUMEN:

En muchas partes del mundo se prevé que el cambio climático dé como resultado una mayor escasez de agua. Entre las futuras adaptaciones podemos incluir cambios técnicos que mejoren la eficacia en el consumo de agua, la gestión de la demanda (por ej. el sistema de contadores y tarificación) y cambios institucionales que mejoren la transferibilidad de los derechos de uso de agua. La disponibilidad de recursos hídricos para cada tipo de uso puede verse afectada por otros usos competidores del recurso. En consecuencia, un análisis completo de los efectos del cambio climático sobre el consumo de agua de las personas tendría en cuenta las interacciones transectoriales, incluidos los impactos de los cambios en la eficacia del consumo de agua y las transferencias intencionadas del consumo de agua de un sector a otro. Las barreras para implementar las medidas de adaptación incluyen la incapacidad de algunos sistemas naturales para adaptarse a la tasa de la mezcla de presiones demográficas y clima, comprensión incompleta y determinación de las

demandas de agua e impedimentos al curso de conocimiento oportuno y fiable e información relevante para los que toman las decisiones. Muchas medidas de adaptación están basadas en la tecnología y en la eficacia. La información de alerta temprana, así como las herramientas de apoyo a las decisiones sobre prospectivas, deberán basarse en una cartera mixta de planteamientos experimentales y basados en escenarios sobre información compartida por investigadores y especialistas. Esto se convierte en un enfoque integrado de gestión de cuencas en el que la gestión adaptativa es una herramienta operativa del aprendizaje. Analizamos dos casos de la parte occidental de Norteamérica (los ríos Okanagan y Colorado) para ilustrar los mecanismos de aprendizaje interactivo, coordinación anticipatoria y comunicación.

## PALABRAS CLAVE:

Adaptación, cambio climático y agua, gestión integrada de cuencas.

# LA ADAPTACIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO EN ÁFRICA OCCIDENTAL

Nick van de Giesen, Winston Andah, Marc Andreini, Boubacar Barry, Gerlinde Jung, Harald Kunstmann, Wolfram Laube, Patrick Laux y Jens Liebe

## RESUMEN:

Los impactos del cambio climático varían de una región a otra. El IV Informe de Evaluación del IPCC menciona que las zonas más áridas se verán afectadas por más sequías y que el régimen de precipitaciones en general, será más “severo”. En África Occidental, concretamente en la zona por debajo del Sahel, la señal del cambio climático puede ser más sutil. Una prueba anecdótica de los agricultores nos indica que el comienzo de la estación lluviosa se ha venido adelantando en las dos últimas generaciones. Últimamente, una modelización atmosférica más concreta de la región (Jung y Kunstmann, 2008) indica que también en un futuro próximo el comienzo de la estación lluviosa se retrasará un poco, de abril a mayo. El fin de la estación lluviosa así como la cantidad total de precipitación permanecerá más o menos estable. Esto implica que las estrategias de adaptación se realizarán de dos formas. La primera parte de una estrategia integral de adaptación sería una continuación de los esfuerzos por producir cultivos de regadío de producción más rápida, principalmente maíz y sorgo. La segunda parte consistiría en un aumento de la reserva de agua durante la estación húmeda para el consumo durante la estación seca. La escorrentía de los ríos de África Occidental es muy sensible a la distribución de las precipitaciones. Cuando cae la misma cantidad de lluvia en un

período de tiempo más corto, como sugieren las previsiones climáticas, la escorrentía mostrará un importante aumento. En esas circunstancias, también mejorará la recarga de aguas subterráneas. La reserva de escorrentía de aguas superficiales en pequeños reservorios formaría parte importante de la adaptación al cambio climático. Un uso amplio de las aguas subterráneas (poco profundas) en la estación seca podría ser una segunda estrategia de adaptación muy complementaria. El desarrollo de grandes presas probablemente tendría menos éxito dado lo llano del paisaje y el traslado hacia el desarrollo descentralizado en la mayoría de los países del África Occidental. La reducción de la estación lluviosa disminuirá la agricultura de regadío, el modo dominante de producción alimentaria de la región. El uso de aguas superficiales y subterráneas en la estación seca puede desencadenar parcialmente este efecto negativo. El éxito de cualquiera de estas estrategias de adaptación dependerá hasta cierto punto de los desarrollos institucionales y socioeconómicos de la región.

## PALABRAS CLAVE:

África Occidental, estación lluviosa, cambio climático, adaptación climática.

# LA ADAPTACIÓN A LA ESCASEZ DE AGUA EN EUROPA

Wolfram Mauser y Tobias Hank

## RESUMEN:

De acuerdo con las previsiones del IPCC, Europa experimentará cambios considerables en las cantidades y la distribución de las precipitaciones durante este siglo, lo que conducirá a un aumento de la polarización de la disponibilidad de los recursos hídricos entre el Norte, donde se espera que aumente la cantidad de precipitaciones, y el Sur, donde puede que disminuyan de manera señalada. Los resultados de un modelo de impacto sobre el clima regional, que simula la reacción del régimen de escorrentía de la cuenca montañosa del Alto Danubio sobre el cambio climático esperado, demuestran como estudio de un caso, que es probable que tenga lugar un cambio completo en el

régimen hidrológico de los recursos hídricos montañosos del Centro y Sur de Europa. Están demostradas las consecuencias: estados de flujos bajos más agudos, descenso marcado de las descargas veraniegas, reducción del potencial hidroeléctrico y aumento de la demanda para riego. Se habla sobre posibles formas de adaptación mediante el cambio del modo operativo de las actuales estructuras de reserva.

## PALABRAS CLAVE:

Cambio climático, hidrología montañosa, PROMET, régimen de escorrentía.

# Conclusiones y Recomendaciones

## CONCLUSIONES PRINCIPALES

1. De acuerdo con el IV Informe de Evaluación del IPCC, el calentamiento del sistema climático es inequívoco, como muestran las observaciones del aumento de la temperatura mundial del aire, así como la de los océanos, los grandes deshielos y la elevación del nivel del mar. Las pruebas de observación en todos los continentes y la mayoría de los océanos indican que muchos sistemas naturales están siendo afectados por los cambios climáticos de las regiones, especialmente los aumentos de las temperaturas. Existe bastante confianza en que estén apareciendo los siguientes efectos en los sistemas hidrológicos: aumento de la escorrentía y anticipación de la descarga primaveral máxima en muchos ríos que se nutren de los glaciares y del deshielo y el calentamiento de lagos y ríos en muchas regiones, que tiene efecto sobre la estructura térmica y la calidad de las aguas. La mayor parte del aumento observado de las temperaturas medias del mundo desde mediados del siglo XX se debe probablemente al aumento observado de las concentraciones antropogénicas de gases de efecto invernadero (GEI). Las emisiones continuadas de GEI a las proporciones actuales o por encima de estas causarían un mayor calentamiento y provocarían muchos cambios en el sistema climático mundial durante el siglo XXI que probablemente serían mayores que los observados durante el siglo XX. El calentamiento antropogénico y la elevación del nivel del mar continuaría durante siglos debido a las escalas temporales relacionadas con los procesos y las informaciones climáticas, aun cuando se estabilizasen las concentraciones de GEI.

El calentamiento de la tierra puede alterar el ciclo del agua. El cambio climático está afectando en estos momentos a los recursos hídricos. Además, el cambio climático afectará en el futuro a los recursos hídricos y los impactos serán predominantemente negativos. Los efectos del cambio climático se observarán en la cantidad y en la calidad de las aguas y en la aparición de inundaciones y sequías. Aunque aumente el promedio mundial de precipitaciones, la distribución local será bastante desigual. Las regiones áridas se volverán aún más secas debido a una ampliación de los sistemas subtropicales de altas presiones. Los cinturones de precipitación de las latitudes medias se trasladan a los polos. En Centroeuropa, el ciclo estacional cambia: más precipitaciones en invierno y menos en verano. Los trópicos experimentarán un aumento de las precipitaciones. Hay una tendencia hacia una intensidad de las precipitaciones y a períodos de sequía más prolongados. La lluvia en las regiones semiáridas (como la mediterránea) es ya de por sí difícil de representar en los modelos climáticos (debido a la alta variabilidad en el espacio y el tiempo y a menudo el complejo terreno). Por consiguiente, la planificación de los recursos hídricos según el escenario no es viable o práctica en todas partes. En estos casos, las decisiones deben ser sólidas, independientemente del aspecto del clima.

2. La intensificación del ciclo hidrológico hace que las inundaciones y las sequías sean más frecuentes y/o extremas. Las sequías, especialmente en las regiones áridas y semiáridas, son de interés particular debido a su gran amplitud espacial y largas duraciones. Actualmente se están desarrollando los métodos para facilitar alerta temprana

de sequía y su impacto relacionado sobre la agricultura y la posible hambruna. Se han observado cambios en el riesgo de inundaciones debido a múltiples factores e incluso se esperan cambios más bruscos en el futuro. La capacidad de retención de humedad de la atmósfera aumenta con la temperatura y también sucede así con las potenciales precipitaciones intensas. En contraste, ha descendido la cantidad de inundaciones relacionadas con el deshielo y con bloqueos por hielo en gran parte de Europa. Con el fin de prever futuros cambios en las inundaciones, los países están introduciendo medidas para reducir el riesgo de inundaciones, como el Sistema Nacional de Cartografía de Zonas Inundables de España.

3. La nieve y el hielo que hay sobre la tierra están sufriendo un deshielo y una reducción importantes que pueden atribuirse principalmente al calentamiento de la tierra. Aquí podemos incluir un fuerte descenso del hielo del océano Ártico, una disminución de la capa de nieve principalmente en el hemisferio norte, amplia retirada y disminución de los glaciares, degradación de la capa terrestre congelada y reducciones de la aceleración del flujo de hielo de partes importantes de Groenlandia, la parte occidental de la Antártida y la Península Antártica. Esto ya está teniendo impactos relevantes, por ejemplo en los recursos hídricos de las cuencas de los glaciares, en el aumento del nivel del mar, en los cambios en los peligros de los glaciares en las regiones montañosas y en los ecosistemas de las regiones polares y montañosas.

Los continuos cambios en la criosfera se pueden ejemplificar por medio de la retirada de los glaciares en los Pirineos españoles, que son de los que más al sur de Europa están, y los restos de las pasadas glaciaciones. En los últimos 25 años (entre 1982 y 2007) han perdido 2/3 de su superficie (de 595 a 206 ha, respectivamente) además de volumen (de 107 a 30 hm<sup>3</sup>, respectivamente).

Los humedales proporcionan una amplia variedad de importantes bienes y servicios al eco-

sistema para la humanidad con un valor estimado de 14 billones de dólares al año (casi el 50% de los ecosistemas totales de la biosfera). Los humedales son los puntos fuertes de la biodiversidad. A pesar de su importancia, existe una continua y extensa degradación de los humedales que parece progresar más rápido que en otros ecosistemas. Los actores no climáticos (es decir, la contaminación, la eutroficación, la fragmentación del hábitat, la retirada de las aguas, etc.) son las causas principales de degradación, pero se espera que el cambio climático intensifique la posibilidad de cambios potencialmente abruptos, que pueden ser grandes en magnitud y difíciles, costosos económicamente o imposibles de dar marcha atrás.

4. Durante las próximas décadas, los cambios en el clima y en la sociedad nos traerán una gran transformación de los recursos hídricos a nivel mundial. Pero no todas las regiones se verán afectadas del mismo modo. La intensidad y el tipo de riesgos variarán enormemente de una región a otra:

- ▶ El calentamiento de la tierra ya ha acelerado el paso del deshielo de los glaciares en los Alpes, el Himalaya y otros lugares. Conforme continúe el deshielo, la escorrentía de los ríos alimentados por estos glaciares aumentará en un primer momento. Sin embargo, después, los glaciares descenderán al mismo tiempo que la escorrentía y esto pondrá en peligro el suministro de recursos hídricos aguas abajo.

- ▶ Los cambios en el pluviograma modificarán las corrientes de agua dulce hacia los estuarios (aumento o disminución, depende de la situación) y es probable que esto altere los ecosistemas costeros.

- ▶ La escasez de agua debida al cambio climático se intensificará en partes concretas del mundo, incluido el sur de Europa, el nordeste de Brasil y el sur de África.

- ▶ El aumento de la intensidad de las precipitaciones en la mayor parte de Europa, especialmente en invierno, es probable que conduzca a inundaciones más frecuentes en las secciones central y norte de Europa.

Una mezcla de cambio climático y factores socioeconómicos podría llevar a un aumento de la escasez de agua en aproximadamente dos tercios a tres cuartos de toda la cuenca mundial en las décadas que van entre 2000 y 2050.

El cambio climático es inequívoco y afectará a la disponibilidad y la calidad de los recursos hídricos. Ha llegado el momento de actuar. La sociedad necesita responder inmediatamente a estos riesgos, y esta respuesta deberá tener lugar a todos los niveles, desde el local al nivel mundial. Esto quiere decir explorar nuevas vías de gestión de los recursos hídricos a nivel mundial a través de nuevas instituciones y convenios internacionales. El aumento de la escasez de agua agravará los problemas relacionados con los recursos hídricos. Los gobiernos deben volver a evaluar la idoneidad de sus infraestructuras además de los enfoques de sus instituciones y políticas legales, técnicas y económicas sobre gestión de recursos hídricos y servicios de abastecimiento de agua. La gestión integrada de los recursos hídricos ofrece un importante marco para lograr los objetivos de adaptación.

5. Los cambios en el ciclo del agua pueden jugar un papel fundamental en la seguridad alimentaria mundial. En muchos entornos de tipo mediterráneo (Europa, Australia y Sudamérica), además de en las regiones marginales tropicales áridas y semiáridas, particularmente en el África subsahariano, se prevé que la disponibilidad de recursos hídricos descienda de manera importante a causa del cambio climático. En general, mientras que los aumentos de la temperatura local entre moderados y medios (1-3°C), con aumentos relacionados de CO<sub>2</sub> y cambio en las precipitaciones beneficiaría a los cultivos, el más mínimo calentamiento (1-2°C) de las zonas tropicales, o de las zonas que son estacionalmente secas, tendría un efecto devastador sobre los cultivos. Se espera que se reduzca la producción mundial de cultivos para la alimentación, pero los cambios en la producción regional pueden ser bastante distintos (*e.g.*, aumentos en los países de latitudes altas, reducción en países de latitudes medio-bajas). Se espera

que aumenten de manera llamativa las necesidades mundiales de riego (grandes incrementos en las regiones desarrolladas). Se verá afectada una zona adecuada para el cultivo y el período vegetativo del cultivo para la alimentación. a) las zonas de producción de cultivos se pueden ampliar en dirección a los polos, b) un ciclo más reducido de los cultivos como los cultivos de cereales y de semillas de lino.

Es probable el aumento de la competencia entre los consumos urbano/industrial, ambiental y agrícola, este último aumentado por mayores poblaciones. Habrá un aumento de la presión sobre la agricultura de regadío para aumentar el valor de la producción por litro de agua empleado a través de cambios en los cultivos, gestión del riego, tecnologías sobre el uso de agua (*e.g.* riego por goteo subsuperficial, ubicación de la actividad, infraestructura (*e.g.*, presas) y acuerdos institucionales. Dichos cambios serán ejecutados en gran parte por los impactos en los años de extrema sequía.

La variabilidad climática es una característica inherente a las praderas. Los pluviogramas se están volviendo más extremos y es probable que aumenten en el futuro. La productividad primaria de la mayoría de las praderas está limitada por la disponibilidad del agua. Aún los cambios más sutiles en los períodos o intensidad de las precipitaciones pueden tener impactos significativos en la productividad de las praderas.

6. El agua es un sector central crítico, de modo que los impactos en él poseen efectos en cascada sobre los demás sectores. Los sectores económicos que se prevé que resulten más afectados son: la agricultura (aumento de la demanda de riego), la energía (reducción del potencial de la energía hidroeléctrica y de la disponibilidad de agua de refrigeración), la salud (empeoramiento de la calidad del agua), recreo (turismo relacionado con las aguas), la pesca y la navegación. Las estimaciones preliminares de los impactos económicos de una reducción de la disponibilidad del agua en los países en desarrollo indican que sin adaptación, se

pueden esperar reducciones en el crecimiento y el desarrollo. La adaptación es clave en el sector del agua y el apoyo continuo a los países en crecimiento y desarrollo es fundamental para reducir las vulnerabilidades. Hasta hace poco se ha ignorado la variable económica. El análisis económico ofrece información a los que toman las decisiones sobre la asignación eficiente de los recursos.

La prioridad principal para la adaptación en el sector del agua debería ser reducir las vulnerabilidades de las personas y las sociedades. La escasez de agua en una era de globalización está tan influenciada por las políticas hidrológicas como por los cambios en el suministro físico. El cambio climático interacciona con los procesos de globalización y deja a muchas personas aún más vulnerables a los extremos climáticos y a la escasez de agua. En particular, la comercialización del agua puede agravar las desigualdades en el acceso al agua, lo que tendrá importantes consecuencias para el bienestar y la “seguridad de las personas”.

Afrontar los retos del cambio climático exige un aumento de la capacidad adaptativa de los regímenes de gobernanza del agua. Son necesarias sólidas estrategias que actúen de forma satisfactoria en una variedad de futuros desarrollos, en principio inciertos, pero posibles. Son obligatorios un liderazgo y una colaboración a escala mundial para afrontar el cambio climático. También es necesario compartir con todo el mundo las lecciones aprendidas. No existen panaceas técnicas o institucionales, sino una necesidad de gobernanza adaptativa y “enfoque diagnóstico” para desarrollar e implementar las opciones de adaptación apropiadas para un contexto político, ambiental y cultural dado.

7. Muchos países ya están padeciendo sequía y escasez de agua. El calentamiento de la tierra agravará estos impactos. La escasez de agua está íntimamente relacionada con la pobreza y también con la sostenibilidad. Es necesario ver la adaptación y la mitigación como respuestas complementarias al cambio climático. Entre las estrategias de adaptación para afrontar la escasez de agua debe-

ría haber modos para mejorar la eficacia y gestión del consumo de agua. La adaptación debería ser el punto central del orden del día de la reunión sobre la pobreza internacional. Los planteamientos actuales sobre planificación para la adaptación en muchos países se centran en la idea de utilizar un enfoque a prueba de clima.

El cambio climático plantea los mayores retos conceptuales a los gerentes de recursos, puesto que nunca más será oportuno suponer que las condiciones hidrológicas anteriores continuarán en el futuro. Las experiencias en dos estudios de casos, las cuencas del Colorado y del Okanagan, indican que el contexto político, el proceso de diálogo y un marco de colaboración, todos juntos, pueden hacer que funcione la adaptación. Los cambios en la gestión de los riesgos relacionados con el clima pueden lograrse más rápidamente si: (1) ocurre un suceso importante (de tipo climático, legal o social) y se crea una amplia conciencia pública; (2) se comprometen los líderes y el público; y (3) se establece una base de integración de la investigación y la gestión. Un componente fundamental para desarrollar dicho marco integrado es la capacidad de los mismos especialistas para manipular los datos y comparar las alegaciones científicas con sus propios conocimientos. Existe una gran necesidad de desarrollar enfoques interactivos entre participantes de la política, las operaciones y la investigación para obtener ventaja de las nuevas oportunidades de aprendizaje conforme evolucionen la investigación sobre la adaptación al clima y la práctica sobre la gestión de los recursos hídricos.

8. La gestión de recursos hídricos se enfrenta a obstáculos críticos en muchas zonas del planeta que se encuentran en fase de desarrollo y que no poseen estructuras políticas de conjunto. A escala local y regional, el cambio climático mundial puede tener un impacto muy diverso sobre la disponibilidad de los recursos hídricos y sobre la demanda de éstos.

En África Occidental, se está adelantando el comienzo de la estación lluviosa. La cantidad total de precipitaciones parece estable, al igual que

el final de la estación lluviosa. Esto implica que la intensidad de dicha estación aumenta, lo que tiene importantes consecuencias desde un punto de vista de gestión.

En Oriente Medio y Norte de África, donde escasean los recursos hídricos, las poblaciones en aumento, las estructuras ineficaces y una casi cierta reducción del pluviograma futuro agravarán aún más la calidad y la cantidad de agua puesta a disposición de los usuarios de las zonas rurales y urbanas. Son necesarias medidas para aliviar los recortes de agua en la zona del Norte de África y Oriente Medio en un futuro próximo y a largo plazo. Es importante que los legisladores se den cuenta de todo lo que abarca la naturaleza de la gestión de los recursos hídricos, notablemente de la importancia de la responsabilidad.

Otras regiones del mundo, como muchos países latinoamericanos, donde los recursos hídricos no estaban tan limitados, están afrontando retos cada vez mayores. Los cambios inducidos por la retirada de los glaciares tropicales, por ejemplo en los Andes, constituyen un caso precoz de la necesidad de adaptación y, por consiguiente, un ejemplo. Entre otros ejemplos de vulnerabilidades por el cambio climático asociadas con la escasez de agua tenemos: los humedales costeros de México, la posibilidad de salinización de los acuíferos del Caribe, los Páramos en Colombia. Es necesario identificar las opciones de adaptación para reducir la vulnerabilidad por el cambio climático.

9. En las zonas desarrolladas, como en Europa, que cuentan con estructuras políticas de conjunto, pero donde todavía se está sucediendo la integración en las políticas, el cambio climático planteará retos de gestión de los recursos hídricos.

En el sur de Centroeuropa, se prevén considerables cambios en la cantidad y la distribución de las precipitaciones. El cambio climático intensificará la escasez de agua en esta parte de Europa y probablemente se volverá más mediterránea. Mien-

tras el sur de Europa tiene experiencia histórica en adaptarse a la escasez de agua, este fenómeno es nuevo para Centroeuropa. El principal efecto en esta región será la reducción de la reserva de nieve disponible para la gestión de recursos hídricos y el aumento de la evaporación. Esto obligará a que la gestión de recursos hídricos del sur de Centroeuropa realice nuevas estrategias respecto a la introducción de riego y la construcción de nuevos embalses de almacenamiento.

Los países del sudeste de Europa, los nuevos miembros de la Unión Europea, candidatos o posibles candidatos al acceso, se enfrentan a costosas inversiones para satisfacer las normas y estándares de la UE, a la vez que afrontan la escasez de precipitaciones y demás cambios hidrológicos.

En países como España, que son áridos o semiáridos, el cambio climático modificará la cantidad y la calidad de las aguas, reducirá la recarga de agua de los acuíferos y aumentará el riesgo de sequía. La escasez de agua será probablemente mayor en zonas que ya son vulnerables. Ya se están tomando medidas de adaptación para afrontar las futuras reducciones de los recursos hídricos.

## REPERCUSIONES EN LA GESTIÓN

1. Serán necesarias medidas de adaptación y de mitigación. Las medidas de adaptación y mitigación deberán ser compatibles con el desarrollo sostenible. Existen estrategias de adaptación de bajo coste y bajo lamento que se pueden aplicar en estos momentos para abordar el cambio climático.

En las latitudes medias el descenso de las precipitaciones en verano y el aumento en invierno requiere reservas de agua y sistemas de distribución. Los fenómenos de precipitaciones más intensos pueden causar erosión del suelo e inundaciones repentinas. Aquí tienen que tomarse medidas apropiadas como la construcción de zonas de retención de aguas y diques.

Entre las opciones de adaptación de baja inversión se incluyen protecciones de los manantiales (*e.g.*, de la contaminación), mejora de la previsión de precipitaciones-escorrentías y sistema de monitorización, mejora de la gobernanza del agua, desarrollo de cultivos resistentes a la sequía y optimización de los sistemas de recogida de agua.

2. Los periodos de sequía más prolongados exigen una gestión de los recursos hídricos más sofisticada. Hay que desarrollar sistemas avanzados de alerta temprana de inundaciones y sequías.

En zonas grandes, se prevé que aumente el peligro de inundaciones y esto exige una mejora de la preparación ante avenidas. Las posibles estrategias dictan: protegerse, acomodarse o retirarse. La Directiva de la UE sobre inundaciones invita a todos los Estados miembros de la UE a valorar y gestionar el riesgo de inundación.

A escala mundial, el promedio de daños económicos por inundaciones ha aumentado por orden de magnitud en las últimas cuatro décadas, en unidades monetarias ajustadas a la inflación, y esto inquina ampliamente a nivel mundial.

3. La pérdida de hielo obligará a un cambio en la gestión de los ríos que se nutren de glaciares.

Comprender la estructura y el funcionamiento actuales de los humedales y cómo pueden modificarse debido a los cambios provocados por los seres humanos sería una herramienta muy útil para los gestores ambientales, especialmente si vamos a poder identificar señales de alerta temprana de degradación de humedales (*e.g.*, especies sensibles). Un planteamiento clave para proteger la situación ecológica de los humedales es mantener la cantidad y la calidad del agua en la que estos ecosistemas confían.

4. La sociedad deberá responder a los riesgos de los recursos hídricos mundiales observados anteriormente y esta respuesta deberá tener lugar a todos los niveles, desde local a mundial. A nivel

mundial existen tres tareas principales que emprender: en primer lugar, tenemos que reducir el riesgo inmediato para la sociedad mediante el establecimiento de sistemas integrales de alerta temprana de sequías e inundaciones. Segundo, tenemos que ampliar nuestro conocimiento de las transformaciones que están sucediendo en el sistema de recursos hídricos a nivel mundial ampliando el ámbito de las observaciones terrestres y realizando nuevos experimentos de campo y estudios a gran escala. Tercero, debemos proteger la naturaleza y a la sociedad a largo plazo reforzando la gobernanza mundial del agua. Esto quiere decir explorar nuevas vías de gestión de los recursos hídricos a nivel mundial a través de nuevas instituciones y convenios internacionales. Estas tareas requieren prioridad alta porque los abrumadores cambios que están teniendo lugar en el sistema mundial de recursos hídricos justifican una respuesta igualmente de gran alcance por parte de la sociedad.

La gestión de recursos hídricos tendrá que enfrentarse a los cambios en los recursos hídricos y en los servicios de agua debidos al cambio climático. Estos cambios pueden ser por parte del suministro y por parte de la demanda. Las medidas por la parte del suministro incluyen el aumento de las reservas o la desalinización. Las medidas por la parte de la demanda incluyen un consumo más eficiente del agua, tarificación, campañas de conservación y políticas de asignación de recursos hídricos. Lo mejor es desarrollar una cartera de medidas tanto por parte del suministro como por parte de la demanda específicas de las condiciones locales.

5. Es necesaria una valoración de los costes y beneficios de los cultivos para la alimentación de una completa variedad de opciones existentes para modificar el consumo de agua en todo el sistema con el fin de afrontar el cambio climático. Hay que implantar tecnologías de consumo de agua en la propia explotación agrícola (*e.g.*, riego por goteo), sistemas de reserva y distribución que sean más eficaces. Además, también se contempla invertir en la siguiente generación de plantea-

mientos para aumentar la eficacia en el consumo de agua en todo el sistema agrícola.

El conocimiento es la base de una buena gestión. En muchos sistemas naturales, como las praderas, carecemos de un conocimiento básico sobre cómo afectará el clima del futuro a la producción y cómo abordaremos dicho cambio.

6. Los países tienen que tomar medidas para adaptarse a los impactos del cambio climático, entre otros a la escasez de agua, a la reducción de la energía procedente de las centrales hidroeléctricas, a la reducción de la capacidad de navegación donde exista, a la reducción de la producción de cultivos y a una mayor demanda de agua, a un aumento de los riesgos para los sistemas naturales, como el riesgo de incendios forestales y las pérdidas consiguientes. Para afrontar estos impactos en la economía tenemos que construir una capacidad local para elaborar un análisis económico. Existe la necesidad de empezar por estimar el impacto económico sobre los sectores más vulnerables con el fin de orientar las decisiones futuras.

La gestión de recursos hídricos deberá tener en cuenta tanto el cambio climático como las políticas mercantiles con el fin de abordar los retos de la escasez de agua a nivel individual y de las comunidades. Las distintas perspectivas y planteamientos a la hora de abordar la escasez de agua con frecuencia representan intereses distintos: La gestión de los recursos hídricos debería tener en cuenta el papel de los nuevos actores en la gestión de los recursos hídricos y cómo responden a los riesgos climáticos. Las consecuencias sociales de los fenómenos extremos tienen que tenerse en cuenta dentro de la gestión de recursos hídricos.

La gestión de recursos hídricos tiene que experimentar una importante transición hacia una adaptación y en los planteamientos a la hora de tener en cuenta la complejidad y la incertidumbre. Existe la necesidad de desarrollo de las capacidades como profesional de los recursos hídricos para formar a una nueva generación de ingenieros y

profesionales capaces de afrontar los nuevos paradigmas de la incertidumbre del agua.

7. El desarrollo de una base de conjunto para la gestión de recursos hídricos conforme cambie el clima exige una cartera combinada de planteamientos, entre los que se incluyen:

- ▶ Mecanismos para la coordinación anticipada dentro de los planes de desarrollo (*e.g.* gestión adaptativa dentro de los planes integrados de cuencas y de zonas costeras);

- ▶ Desarrollo de activadores utilizables de la gestión de riesgos climáticos para una alerta temprana ante posibles conflictos entre usuarios de recursos hídricos (agricultura, medio ambiente, etc.);

- ▶ Desarrollo y empleo de tecnologías de ahorro de agua;

- ▶ Compromiso activo con las comunidades y los estados, investigadores y especialistas, para llevar a la práctica la información sobre el clima a través de mecanismos de participación y

- ▶ Inversión en oportunidades profesionales para la adaptación al cambio climático dentro de los gobiernos locales y las empresas de servicio público de abastecimiento de agua, integradas en una planificación de la sostenibilidad a largo plazo.

8. El cambio climático tiene distintas implicaciones en la gestión, dependiendo de las condiciones de cada país. En los países tropicales, como los de África Central, una estación lluviosa más corta e intensa tiene las siguientes consecuencias:

- ▶ El período vegetativo se acortará y necesitará nuevas plantaciones de los principales cultivos.

- ▶ Aumentará la descarga de los ríos, lo que abrirá opciones para el aumento de la reserva de los embalses.

- ▶ Aumentará la recarga de aguas subterráneas, que incrementará el posible uso de las aguas subterráneas (poco profundas) para el riego.

- ▶ Las inundaciones, que hasta estos momentos han sido poco frecuentes, pueden volverse habituales, como se vio en 2007.

Las naciones de Oriente Medio y el Norte de África deberán iniciar un cambio impactante y sostenible en el sector del agua. Aparte de la me-

jora de la ingeniería de las redes de recogida, distribución y tratamiento de agua y residuos, estos pasos incluyen la aceleración de la reforma mediante la implicación de sectores no relacionados con el agua (medios de comunicación, academias, política, etc.), la búsqueda de oportunidades para modificar la economía política y la transformación de promesas en realidades mediante la puesta en vigor de una mejor responsabilidad pública.

En los países en desarrollo de Latinoamérica, los gobiernos tienen que desarrollar datos, herramientas e instituciones para afrontar las tendencias de los impactos debidos al cambio climático que se han venido observando. El cambio climático desvía los recursos económicos de las inversiones en otras prioridades institucionales. Queda mucho por aprender de los proyectos piloto y las primeras iniciativas para evaluar las transferencias de recursos necesarias de las naciones desarrolladas para reducir las implicaciones fiscales y de inversión necesarias para disminuir las consecuencias negativas del cambio climático.

9. En las regiones afectadas por el aumento de la escasez de agua, como el sur de Centroeuropa, las prácticas de gestión de los embalses y la producción de las centrales hidroeléctricas deberá pensarse de nuevo para crear un camino fiable de cara a las inversiones en nuevas infraestructuras. La distribución de agua disponible para usos aguas arriba y aguas abajo deberá ser investigada en condiciones de aumento de la escasez de agua (es decir, es mejor consumir el agua disponible para riego aguas arriba o reducir la producción agrícola aguas arriba, aumentar el curso del río y utilizar el agua para riego aguas abajo).

Los planes de inversión en los países que se encuentran en proceso de adaptar sus normas para satisfacer los estándares ambientales de la UE también tendrán que reflejar el entendimiento emergente de la climatología. Serán necesarias colaboraciones entre los países, instituciones internacionales y partes interesadas para comprender y responder de modo que haya un equilibrio entre

los riesgos y las incertidumbres. Los avances en la reducción y gestión de riesgos por desastres pueden ofrecer beneficios a corto y largo plazo cuando se perfeccionen los conocimientos sobre el clima.

Hay que incorporar el cambio climático a la planificación hidrológica con el fin de adaptarse mejor a los impactos del cambio climático. Países como España obligan a que los futuros planes hidrológicos sean coherentes con los impactos previsibles del cambio climático sobre los recursos hídricos de un territorio dado.

## ALGUNAS NECESIDADES FUTURAS

1. Para una adaptación eficaz, necesitamos una perspectiva fiable sobre el modo en que la lluvia (y las precipitaciones) cambiará a escala regional en el futuro. Necesitamos una buena y continua red de estaciones de observación para comprender cómo está cambiando el clima (especialmente la lluvia) en estos momentos.

Hay que desarrollar y mejorar modelos climáticos regionales que simulen las cuencas regionales. Deben desarrollarse perspectivas más realistas del futuro. Se deben tomar medidas más exactas en las zonas remotas del planeta para controlar el ciclo hidrológico.

2. Atajar el deterioro de las redes de observación y mejorar la supervisión de base es fundamental para comprender mejor el cambio ambiental. El desarrollo en tiempo real y la previsión estacional podría aumentar la preparación de la sociedad ante fenómenos extremos como la sequía y las inundaciones.

Es necesaria la detección y atribución de cambios cuando existe peligro de inundación y riesgo de inundación, en el contexto multifactorial (con cambios en los sistemas socioeconómico, terrestre y climático). Es necesario el desarrollo de la metodología de valoración de la frecuencia de inundaciones y la reducción de incertidumbres.

3. Las masas de hielo y nieve deberían ser controladas más atentamente en todas las cordilleras y en las regiones polares, especialmente en relación con el cambio climático que está teniendo lugar. El desarrollo de estos conocimientos dará como resultado una mejora de la capacidad predictiva que es fundamental para la futura planificación. Esto mejorará las políticas de adaptación/mitigación con claras ventajas de futuro para la sociedad.

En los humedales, programas de supervisión ecológica a largo plazo (> 10 años) como base para detectar los posibles cambios debidos al cambio climático. El aumento del conocimiento de la estructura y funcionamiento de los ecosistemas, especialmente en aquellos umbrales (o “puntos de ruptura”) que se excedieron una vez, el ecosistema salta a un nuevo estado (en su mayoría desconocido o inesperado). Prevenir el impacto del cambio climático sobre las especies y los ecosistemas necesita también mejorar la capacidad de los modelos de predicción sobre los modelos climáticos regionales (locales).

4. Mejorar la comprensión de los desafíos a los que ha dado lugar el cambio climático acerca de los recursos hídricos es importante para: crear una sólida base de conocimiento científico; desarrollar la legitimidad política del desarrollo de las políticas; desarrollar la conciencia pública y el fomento de medidas; desarrollar medidas totalmente adaptadas a nivel local.

5. La valoración de conjunto del cambio climático y el consumo de agua con fines agrícolas en el contexto de otros cambios, como la demanda de alimentos, son necesarios para comprender la futura producción de alimentos. También es necesaria una determinación del papel de los cambios en la frecuencia y gravedad de los fenómenos extremos sobre las respuestas de los cultivos, además de un análisis de la respuesta de los cultivos importantes de las personas pobres de las zonas rurales al cambio climático (e.g., cultivos de raíces, mijo). Es necesario entender las interacciones

entre los cultivos, malezas, plagas y enfermedades en un clima en constante cambio. Se debe analizar la función de las técnicas tradicionales y biotecnológicas para afrontar la sequía, el calor y otros problemas relacionados con el clima. Necesitamos una ciencia que otorgue relevancia a la política y que pueda informarnos sobre los caminos que debemos seguir para afrontar este continuo cambio.

Se necesita más investigación, tanto empírica como de modelización para una mejor previsión de los futuros servicios de los ecosistemas de las praderas y de todos los demás ecosistemas naturales.

6. Mejorar la estimación de costes y beneficios por sector, tipo de riesgo y distintos niveles. Identificar las metodologías apropiadas que deberán aplicarse para efectuar un análisis económico de adaptación en el sector del agua.

Necesitamos ver cómo pretenden las empresas privadas de suministro de agua adaptarse al cambio climático y cómo afectarán estas respuestas a la disponibilidad y al acceso al agua para aquellos más vulnerables al cambio climático. Cuáles son las consecuencias sociales del acceso cada vez más desigual al agua y cómo puede abordar la comunidad internacional estas consecuencias.

Es necesario el desarrollo de una base de datos internacional y a escala mundial y una red de investigación sobre la gobernanza del agua para orientar el desarrollo de sólidas recomendaciones políticas, de la forma de implementarlas y de sostener agua adaptativa y sostenible. También es necesario el diálogo sobre las incertidumbre y los nuevos enfoques para gestionar los riesgos sistémicos frente al clima y el cambio global.

7. Se necesita un diálogo intenso y permanente entre los distintos consumidores de agua con el fin de implementar medidas de adaptación de ganancia común para todos. Existen muchos ejemplos de valoraciones de situación y estructuración técnica de los retos de adaptación al cambio climático que han proporcionado prometedoras ex-

periencias de aprendizaje. Sin embargo, hay que explorar más en busca de otros modelos de integración y estructuras políticas suprayacentes que puedan facilitar mejor y sostener este aprendizaje, más allá de proyectos de investigación individuales, y que apoyen por lo tanto un servicio a largo plazo de coproducción del conocimiento de la gestión y la gobernanza del agua. Dicho programa uniría la comprensión de los contextos de la política (como se dilucidó en el caso Colorado) con el apoyo de un diálogo dinámico entre investigadores y especialistas (como en el caso Okanagan). Esto incluiría: a) conocimiento de los cambios en el sistema climático; b) evaluación de la aceptabilidad de la tecnología y la práctica adaptativas (uso de nuevas tecnologías de ahorro de agua), y c) una mejor comprensión de cómo mejorar la comunicación en tipos de decisiones de adaptación de escala transversal.

8. Los estudios actuales emplean patrones de utilización del suelo históricos/observados. Como el clima de África Occidental es el resultado complejo de patrones atmosféricos locales y mundiales, todavía se necesitan rachas climáticas con futuros patrones de utilización del suelo de tipo realista.

Existe la necesidad de establecer nueva formación y construcción de capacidades en los países en desarrollo afectados por graves limitaciones en los recursos hídricos. El Consejo Árabe del Agua, un organización de profesionales del agua de la Región de Oriente Medio y Norte de África, ha fundado la Academia Árabe del Agua en Abu Dhabi para construir la capacidad para los más amplios desafíos en la gestión de recursos hídricos.

9. Necesitamos herramientas de análisis integrado para combinar: perspectivas regionales sobre el cambio climático, modelos hidrológicos, modelos de evaluación macroeconómicos y microeconómicos y predicciones demográficas. Todo esto necesario con el fin de mejorar el análisis de la eficacia y la efectividad de las alternativas de adaptación en el sector del agua. Necesitamos una colaboración transnacional más próxima de los

países que comparten cuenca. La compartición de fronteras debería ser el principio para afrontar la escasez de agua dentro de la divisoria de la UE.

Ante el imparable cambio climático, se necesitan nuevos estudios sobre el impacto del cambio climático en el agua, cercanos a la región de interés y que incluyan las diversas facetas del sistema hidrológico, como el futuro estado de los ecosistemas hídricos.

## OTROS MENSAJES EMERGENTES

1. Es difícil, si no imposible, ver el modo de lograr el objetivo europeo de los 2°C de cambio de temperatura mundial para evitar un “cambio climático peligroso”. En los nuevos escenarios de emisiones que se encuentran actualmente en desarrollo, las perspectivas de mitigación más agresivas tienen un cambio de temperatura de entre 2.0 y 2,4°C en estabilización.

2. La medida que actualmente resulta más eficaz para reducir el calentamiento de la tierra es limitar la emisión de gases de efecto invernadero derivados de la quema de combustibles fósiles y otras fuentes. Se trata de un tremendo desafío que deberían haber emprendido todas las naciones y todos los sectores de la sociedad.

3. El cambio climático es un asunto crítico para los países en desarrollo. El cambio climático es la crisis de hoy, no el riesgo de mañana. La adaptación es un elemento clave del desarrollo y debemos comenzar ahora. La adaptación y la mitigación van juntas. La energía es el punto central de la mitigación, al igual que el agua lo es para la adaptación. Son sinergias entre las dos que tienen que ser exploradas. Debemos actuar a nivel local e integrar medidas relacionadas con el agua en otras políticas sectoriales.

4. Se espera que el cambio climático multiplique las tensiones subyacentes sobre el suministro de agua. La escasez de agua ya es una cuestión

importante en muchas regiones semiáridas del mundo desarrollado y de los países en desarrollo. Es necesaria la adaptación, pero la capacidad para adaptarse varía entre los países. La transparencia favorece la adaptación.

5. Para detectar cambios y controlar la sequía es necesario mejorar el sistema de observaciones meteorológicas de los países en desarrollo, algunos de los cuales se han deteriorado en los últimos años, con lo cual están mucho menos preparados para afrontar futuros riesgos.

6. El cambio climático tiene un impacto sobre los bienes y servicios que ofrecen los medios naturales, lo cual representa nuevos cambios para los que nuestros conocimientos anteriores no nos habían preparado.

7. Se necesitan planes y estrategias a escala nacional para integrar la adaptación al cambio climático en todas las políticas sectoriales. La integración es el modo más eficaz de afrontar la adaptación. Las medidas de adaptación se deben aplicar de manera progresiva, según se vayan identificando las necesidades. En algunos casos, las medidas son urgentes.

8. Las medidas de mitigación y adaptación deberán estar relacionadas entre sí. La adaptación puede perder su significado si no se toman medidas para estabilizar los GEI a los niveles deseados para detener el cambio climático.

## OBSERVACIONES FINALES

1. El cambio climático ha llegado y se quedará con nosotros durante mucho tiempo. El calentamiento intensifica el ciclo hidrológico, lo que supone más lluvia en la Tierra, pero distribuida de forma desigual. En muchos casos, las zonas secas se volverán todavía más secas y las zonas húmedas aún lo serán más. Habrá más fenómenos extremos relacionados con el agua.

2. Los cambios en el clima y en la sociedad supondrán una gran transformación en el sistema mundial del agua. El sector del agua deberá tener en cuenta que no se pueden utilizar únicamente los registros pasados para predecir el futuro. Nos enfrentamos actualmente a una situación sin precedentes sobre cómo programar futuras acciones.

3. La transformación mundial de los recursos hídricos exige una respuesta desde los niveles local al mundial. La adaptación supone con frecuencia compensaciones entre los sectores que compiten por el uso del agua. Por consiguiente, un objetivo de la adaptación es reducir al mínimo dichas compensaciones.

4. El agua es vector principal de los impactos del cambio climático. Los impactos del agua tienen efectos en cascada sobre mis sectores y pueden actuar en sinergia con la globalización. La gobernanza del agua se debe adaptar para afrontar los nuevos retos de la escasez de agua y los riesgos del agua planteados por el cambio climático y social.

5. Hay un gran vacío entre el conocimiento de la climatología y el desarrollo de estrategias de adaptación locales. Esto exige nuevos especialistas en recursos hídricos y personas con nuevas funciones que trabajen en la interfaz entre los dos.

6. Los impactos del cambio climático sobre los recursos hídricos pueden tener importantes consecuencias para el desarrollo de las naciones y para combatir la pobreza en el mundo. La crisis está aquí, nosotros la hemos creado y nosotros debemos resolverla.



Semana Temática 7

# ECONOMÍA Y FINANZAS DEL AGUA

Mercados de agua  
en la gestión integrada del agua

Soluciones financieras  
para países emergentes



# Documento de síntesis<sup>9</sup>

Coordinadora General: **Maestu Unturbe, Josefina**<sup>1</sup>

Coordinadores adjuntos: **Sanchez Tamarit, Sici**<sup>2</sup>; **Gómez-Ramos, Almudena**<sup>3</sup>;  
**Rodríguez, Diego**<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Coordinadora de Análisis Económico de la DMA. Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino (MERMA);

<sup>2</sup> Grupo de Análisis Económico. Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino

<sup>3</sup> Profesora de la Universidad de Valladolid. Escuela Técnica Superior de Ingenierías Agrarias.

<sup>4</sup> Banco Mundial

## AGRADECIMIENTOS

Es obligado reconocer y agradecer la participación de las siguientes organizaciones y personas en el desarrollo de la Semana Temática sobre Economía y Finanzas, sin los que no hubiera sido posible ni habría tenido la calidad que se exhibe en estas páginas.

En primer lugar agradecer muy especialmente a la Fundación Biodiversidad por su colaboración en la organización y desarrollo del evento.

Agradecer muy especialmente a los coordinadores adjuntos de la semana: Almudena Gómez Ramos de la Universidad de Valladolid y Sici Sánchez Tamarit del Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino y Diego Rodríguez, del Banco Mundial.

Ha sido invaluable la labor de todo el equipo de Tribuna del Agua a Eduardo Mestre y Carlos Rodríguez Casals y que dirigieron y coordinaron todo el proceso, así como a voluntarios, polivalentes, técnicos de sonido y cámaras, regidores, jefes de turno y responsable del Pabellón de Tribuna, responsables de los diferentes Departamentos, asesores y colaboradores externos, personal administrativo, sin olvidar a los que se quedaron en el camino,

y en general a todos los que han formado parte del equipo humano de Tribuna del Agua. Hicieron mucho más que facilitar el desarrollo de la semana.

Agradecer la labor de los moderadores de sesiones, que enriquecieron y dieron vida a los contenidos de la semana, los cuales señalamos a continuación:

- Domingo Jiménez Beltran, Observatorio de la Sostenibilidad de España (OSE).
- Eduard Interviews (Intersus)
- Pierre Strosser (Acteon)
- Eduardo Mestre (Tribuna del Agua)

Así como la labor de los relatores que han permitido la elaboración de los documentos: Josué Hernández; Alejandro Maceira (IAgua) y Diego Rodríguez (Banco Mundial)

Señalar también y agradecer el apoyo en la elaboración de la Newsletter de las sesiones a Marcel van den Heuvel y Randall Brenes del Instituto del Banco Mundial y la destacada participación en la sesión del Global Development Learning Network Aldo Baietti, y Alain Mathys así como al equipo de coordinadores del Instituto del Banco Mundial: Atem S. Ramsundersingh, Nicolas Meyer, Jenny Dato y Thomas P. Pitaud.

<sup>9</sup>Documento elaborado a partir de las comunicaciones escritas, las presentaciones orales, las discusiones a lo largo de la celebración de las sesiones y el destilado de las mismas preparado por los moderadores, relatores y coordinador con el soporte del equipo de Tribuna del Agua.

## ANTECEDENTES

Cada vez son más evidentes los síntomas de escasez de agua en el mundo. Éstos se manifiestan en la falta de agua de calidad para las ciudades y para la producción de alimentos; en los impactos cada vez más pronunciados en el desarrollo económico; y en la disminución cada vez más acentuada de la falta de agua para el sostenimiento de ecosistemas frágiles en particular y el medio ambiente en general. El uso ineficiente del agua y mejor utilización física y económica de la misma son inercias que necesitan ser erradicadas.

Es necesario examinar nuevas alternativas de suministro y opciones de gestión más allá de las opciones tradicionales orientadas a la oferta. En el contexto de la gestión integrada una de estas opciones de gestión son los instrumentos de mercado. Los instrumentos de mercado -más viables donde hay escasez y competición por el recurso- tendrían como impactos favorables, entre otros, un incremento en la eficiencia física y económica en el uso del agua, facilitando el desacoplamiento del crecimiento económico y la utilización de los recursos hídricos; una disminución de las presiones de los usos; la reasignación de su utilización de acuerdo a su calidad; la disminución de tensiones y conflictos; y la generación de un mejor desarrollo integral. Las experiencias de puesta en marcha de estos instrumentos económicos en distintas cuencas han mostrado su potencial como instrumento de asignación aunque han aflorado ciertas limitaciones y externalidades que deberán ser analizadas y valoradas.

## OBJETIVO

El primer objetivo de esta semana temática fue difundir el papel de los instrumentos de mercado en la gestión integrada del agua como instrumentos de reordenamiento y uso eficiente del recurso, sirviendo además como complemento a la gestión gubernamental del mismo y como herramienta para la solución de conflictos. Los Mercados de

Agua tienen como fundamento la transferencia voluntaria de derechos de agua -usualmente previo acuerdo económico- a otros usos y usuarios.

El segundo objetivo de la semana temática fue analizar como promover un uso eficiente del agua y la financiación de las inversiones relacionadas con las infraestructuras hidráulicas

## CONTENIDO

Los cuatro días de duración de la semana temática "Los Mercados de Agua en la Gestión Integrada de Agua" se desarrollaron de la siguiente manera:

Durante el primer día se hizo un análisis de los problemas y prioridades asociadas al uso presente y futuro del agua; se hizo énfasis en la existencia y aumento de la escasez de agua con la consiguiente generación de conflictos y rivalidades. Ante esta situación es necesario adoptar nuevas políticas públicas y gestiones institucionales; nuevas soluciones que respondan adecuadamente a condiciones presentes y futuras de escasez y conflicto.

En el segundo día se consideraron las iniciativas de políticas de agua y cambios institucionales que permiten un uso más eficiente de unos recursos limitados en un marco de incertidumbre. Se habló de nuevas opciones y modelos de gestión para hacer un uso más eficiente del agua -como recurso natural y como bien económico- no sólo con objeto de mejorar su asignación desde un punto de vista cuantitativo sino también cualitativo.

En el tercer día se revisaron experiencias de implementación de mercados de agua y el estado actual de la situación; la incorporación de externalidades económicas al precio del agua a la perspectiva ambiental integral de esta práctica cuando las transferencias de agua son relevantes y permanentes.

Finalmente, el cuarto día estuvo dedicado a la creciente escasez de agua y el papel que están

teniendo y tienen los mercados de agua para gestionar situaciones de sequía; y para aliviar las presiones sobre los ecosistemas acuáticos en España. Para ello se analizó la disponibilidad de agua y el efecto del cambio climático; se analizó cómo se han adaptado las políticas públicas con prospectiva y se han modificado las leyes e instituciones gubernamentales; se valoraron las experiencias de modificación del marco legal e institucional y de utilización de los instrumentos de mercado y el potencial a futuro.

## RESULTADOS OBTENIDOS

La Semana Temática cerró con propuestas específicas para mejorar la aplicación práctica y el desarrollo de instrumentos económicos. Instrumentos útiles para gestionar periodos de escasez y de sequía, y para desarrollar esquemas de asignación que permitan confrontar los problemas de disponibilidad de agua y de protección de los ecosistemas hídricos en el largo plazo en aquellas regiones donde los problemas de escasez son cada vez más graves así como mejorar la financiación de las políticas hídricas en los países emergentes.

### A) EJE TEMÁTICO: MERCADOS DE AGUA EN LA GESTIÓN INTEGRADA

#### 1.- Escasez, riesgo y conflictos por el agua

El agua es un bien fundamental para el desarrollo sostenible, la erradicación de la pobreza y el hambre, y es un elemento indispensable para la salud humana. Sin embargo, según el informe de El Agua y los Objetivos de Desarrollo del Milenio, es un lujo para uno de cada seis habitantes y se calcula que un 40% de la población mundial (2.600 de los 6.500 millones de personas que pueblan el Planeta) no tiene acceso a sistemas de saneamiento elemental. Las enfermedades transmitidas por las aguas residuales refuerzan desigualdades.

En países en vías de desarrollo la financiación pública es clave para superar el déficit en agua potable y saneamiento. Casi dos de cada tres personas que carecen de acceso a agua limpia sobreviven con menos de \$2 diarios; más de 660 millones de personas que carecen de saneamiento sobreviven con \$2 al día. Datos que señalan claramente la capacidad limitada de la población desabastecida para financiar un acceso adecuado mediante fuentes privadas.

Los impactos de las sequías e inundaciones tienen tremendas implicaciones económicas, ambientales y sociales (Cooley, 2006). Por un lado afecta de forma directa a la vida humana y su salud. La sequía de 1984 en Etiopía, por ejemplo, causó casi un millón de muertos o la sequía de 1941-1942 en China mató de hambre a cerca de tres millones de personas. Más reciente y cuyas consecuencias son aún patentes es la catástrofe de Nueva Orleans. Además se incrementan los problemas de acceso al agua potable al comprometerse la provisión de agua en cantidad y calidad. Ello afecta a los sectores más vulnerables como es el sector agrícola en lo que las pérdidas de cultivos pueden dar lugar en casos extremos a situaciones de carestía alimenticia y pérdidas de empleo. Otros efectos y consecuencias sería el riesgo del buen funcionamiento de sistemas energéticos dependientes de la hidroelectricidad, los movimientos migratorios de zonas rurales a urbanas, la intensificación de conflictos regionales por el uso de los recursos disponibles y un incremento de la presión sobre las tierras menos afectadas, como ocurrió en Kenya en el año 2000.

La escasez de agua y la sequía es un problema mundial al que Europa no se escapa. Durante los últimos treinta años, la sequía en la Unión Europea ha aumentado de forma espectacular en frecuencia e intensidad. El número de zonas y personas afectadas por la sequía aumentó casi un 20% entre 1976 y 2006. El coste total de la sequía durante los últimos treinta años asciende a 100.000 millones de euros. El coste medio anual se ha cuadruplicado durante ese periodo (European Commission 2007).

La situación es muy diversa en países ricos donde el desarrollo económico, la población creciente y los estilos de vida preponderantes ejercen una presión cada vez mayor en los recursos de agua limitados. Al mismo tiempo, se aprecia una demanda paulatina del agua en su estado natural que está dando lugar al desarrollo de marcos legales y de política de aguas de protección y restauración de los ecosistemas acuáticos.

En este contexto de difícil gestión de recursos limitados sobre los que se ejerce a día de hoy una gran presión, debemos hacer frente a un desafío adicional: el cambio climático. De acuerdo con las conclusiones del grupo de trabajo dedicado a la física del clima del Cuarto Informe de Evaluación del Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático (IPCC) de Naciones Unidas -documento que han asumido como propio más de 100 países- el cambio climático es imparable y provocará aumentos de temperatura en este siglo de entre 1,6 y 4 grados, dependiendo de las medidas que se adopten para combatirlo. El calentamiento global tendrá efectos enormes en la biodiversidad, la subida del nivel del mar o la pérdida de los hielos polares, así como un incremento de la frecuencia y la intensidad de fenómenos extremos como las sequías e inundaciones.

De nuevo, los efectos del cambio climático y los desastres naturales son muy diversos en países desarrollados y no desarrollados. Las pérdidas económicas son mayores en los países más ricos, aunque como porcentaje del Producto Interior Bruto son superiores en los más pobres donde además realimentan el ciclo de pobreza y su vulnerabilidad. Las consecuencias directas del desequilibrio en el acceso al agua y el aumento creciente de la presión es la aparición de conflictos por el agua que en muchos casos tienen una escala transfronteriza. El marco socio-político, las condiciones hidro-climáticas en conjunción con las situaciones extremas de escasez pueden exacerbar los conflictos existentes por el agua. Históricamente la gestión de la sequía e inundaciones ha sido una gestión de crisis, ha consistido básicamente proporcionar

alivio a los más afectados. Este enfoque reactivo está dando paso en los últimos años a la gestión del riesgo, la identificación de las causas y el desarrollo de estrategias de prevención o limitación de los impactos. En la misma línea surge la idea de adaptación al cambio climático.

La adaptación tiene por objeto reducir el riesgo y los daños por impactos nocivos, actuales y futuros, de una manera rentable o explotando los beneficios potenciales. La adaptación tiene sus límites. Si se traspasan ciertos umbrales de temperatura, cabe esperar que algunos impactos del clima (por ejemplo, el desplazamiento de poblaciones a gran escala) se agraven y vuelvan irreversibles. En este sentido, los mecanismos de gestión de riesgo pueden jugar un papel fundamental en la resolución de conflictos pues el conocimiento de las interrelaciones entre las condiciones climáticas y las variables hidrológicas pueden aportar una información básica para el desarrollo de mecanismo proactivos que anticipen situaciones y activen estrategias de cooperación.

Si no se hace nada, los costes de los daños van a dispararse entre las décadas de los años 2020 y 2080. Si se actúa con rapidez será posible obtener beneficios económicos evidentes al anticiparse a los daños potenciales y minimizar las amenazas a los ecosistemas, la salud humana, el desarrollo económico, las propiedades y las infraestructuras. Por ello los nuevos retos que plantea la gestión de unos recursos hídricos cada vez más escasos y sobre los que existe una presión mayor exigen un gran esfuerzo por parte de las instituciones, tanto a nivel global como a nivel nacional, para incorporar nuevos mecanismos capaces de adaptarse a nuevos escenarios caracterizados por la incertidumbre tanto en la disponibilidad de recursos hídricos como en los movimientos hacia los que deriva la globalización tanto de los recursos naturales como de la economía mundial.

## 2.- La gestión de la escasez y la gestión integrada de los recursos hídricos

El problema de la utilización y la asignación de recursos hídricos entre usos competitivos se agudiza cuando se enmarca en un contexto de riesgo o incertidumbre. La dinámica de la gestión de los recursos se ve alterada periódicamente por la ocurrencia de episodios de sequía. El desconocimiento sobre la frecuencia y duración de estos episodios es la fuente principal de incertidumbre en la gestión y riesgo. En determinados contextos caracterizados por la reiteración de episodios de sequía, el riesgo puede ser considerado como un elemento inherente a la propia gestión de los recursos, en la medida de que debe ser minimizado en cada una de las decisiones tomadas.

Este escenario caracterizado por la creciente escasez hídrica en contextos de riesgo y los consecuentes conflictos de competencia por el agua ha de verse en el contexto en los últimos años de la ética en la gestión del agua. Esta ética se basa en la idea de que la preservación de los ecosistemas hídricos y en la satisfacción de las necesidades básicas de las personas son elementos prioritarios en la gestión hídrica y que los criterios de eficiencia económica en la asignación de los recursos hídricos deben considerar estos planteamientos. Esta dimensión de la gestión compone lo que se ha dado en denominar como gestión integrada de los recursos hídricos (IWRM). Es este contexto donde aparece el concepto de desarrollo sostenible el cual insiste en la idea de conjugar el desarrollo económico con la satisfacción de las necesidades presentes sin comprometer las necesidades de las generaciones futuras.

Este nuevo planteamiento de la gestión cuestiona buena parte de la gestión tradicional del agua basada en la contricción de infraestructuras y en el establecimiento de prioridades de uso. Esto resulta ineficiente si lo que se pretende es una mejora de los ecosistemas y de la cantidad, calidad y

accesibilidad de los ciudadanos actuales y futuros al agua. La gestión integrada del agua en definitiva lo que persigue es la asignación de los tres atributos del agua: cantidad calidad y accesibilidad bajo criterios de eficiencia económica, equidad social y preservación ambiental de los ecosistemas hídricos. La actual competencia por el recurso exige por tanto una mayor y mejor prestación de los servicios del agua que aminore los costes de uso, mejore la igualdad de oportunidades de los ciudadanos y asegure además el mantenimiento de unos mínimos en la calidad ambiental del recurso. El acceso igualitario de los ciudadanos al agua conlleva además la satisfacción de unas garantías mínimas en el suministro cuyo cumplimiento comporta un riesgo en la satisfacción de las demandas. De este modo la gestión integrada per sé implica la consideración del elemento riesgo en el nuevo modelo de gestión que integra la asignación de recursos bajo criterios de eficiencia económica y satisfacción de unas garantías de suministro y bajo consideraciones sociales y ambientales.

La respuesta a estos nuevos retos que plantea la asignación de recursos hídricos exige de nuevas políticas y de un cambio institucional que se traduzca en nueva concepción de la planificación hídrica. El papel de las instituciones y del marco legal deberá ser de máximo garante en el acceso igualitario al agua y en el aseguramiento de que se preservan los ecosistemas y las generaciones futuras podrán disfrutar de los recursos hídricos en las mismas condiciones como mínimo que las presentes.

## 3.- El Papel de los mercados de agua en la gestión integrada

Los instrumentos de mercado y en concreto, los mercados de derechos de usos privativos del agua, son mecanismos que sirven para mejorar la eficiencia en la asignación de los recursos hídricos en la medida que se comportan como instrumentos de reasignación capaces de asignar el agua al uso que mayor valor económico aporta.

Sin embargo, los resultados han mostrado que los mercados funcionan de forma activa y eficiente cuando el contexto de la economía lo permite pero muestran a menudo importantes disfunciones en el funcionamiento del mercado al no considerar de forma adecuada determinados efectos no siempre valorables económicamente sobre el medio ambiente o sobre determinados sectores de la economía que puedan resultar desfavorecidos en el proceso de transferencia de recursos. A estas externalidades sociales y ambientales negativas de la puesta en marcha de los mercados habría que añadir las ineficiencias que a menudo muestran estos en la asignación del riesgo motivado en buena medida por los altos costes de transacción que implica la negociación entre las partes intervinientes cuando ésta surge en contextos de incertidumbre en la disponibilidad hídrica.

Las experiencias a lo largo de muchos años en diversos lugares han puesto de manifiesto la necesidad de regular la asignación de recursos hídricos donde se han incorporado los mercados. Estos por sí solos, difícilmente asignan el recurso bajo la concepción integral antes mencionada. La razón que inspira los diferentes modelos de mercados de agua desarrollados radica en la diferente concepción del recurso en el que subyace el permanente debate de si la naturaleza del agua como bien público es compatible con su consideración como bien comercializable y por tanto intercambiable. Es precisamente esta última consideración la que garantiza la eficiencia económica de la asignación, pero a la vez es responsable en buena medida de las disfunciones ambientales y sociales a que han dado lugar muchos intercambios. La experiencia de puesta en marcha de mercados de agua en contextos de economías maduras del agua -en los que es considerada como un bien escaso y por tanto con un valor económico pero en los a la vez existe una clara concepción del recurso como un bien público- pone de manifiesto la necesidad de incorporar estos instrumentos en la planificación del agua bajo la premisa de una concepción integral de la gestión.

Los mercados de agua han ido adoptando diversas modalidades como respuesta a las demandas de los adquirientes en diferentes contextos de riesgo y diferentes marcos legales o institucionales. Así, las cesiones pueden tener un carácter temporal en forma de cesiones puntuales realizadas como respuesta a unas necesidades coyunturales, o un carácter permanente como respuesta a un reajuste estructural en los usos del agua. Desde el punto de vista del marco legal e institucional, los mercados pueden tener una gestión descentralizada en forma de autorregulación de los propios participantes, tal y como ocurre en determinadas cesiones temporales de derechos; o por el contrario la gestión podría ser regulada desde los organismos responsables de la gestión de las propias cuencas o sistemas de abastecimiento. En este caso, los propios organismos formarían bancos de agua o centros de intercambio cuya misión sería gestionar, regular y estimular las transacciones de agua entre las partes intervinientes.

La concepción integral de la gestión implica, además de la asignación eficiente de agua en términos de cantidad, su asignación en términos de calidad. Los mercados de agua en este aspecto pueden tener una doble valoración. Por un lado, pueden comportarse como instrumentos de control de los procesos de contaminación a través del intercambio de permisos contaminantes o, a través de una activa participación del sector público ser potenciales instrumentos que permiten un acopio de volúmenes de agua para la recuperación de caudales ambientales. Por el contrario, pueden tener una connotación negativa en la medida de que la redistribución de derechos de uso del agua a través de ellos puede ignorar o pormenorizar las necesidades de las demandas ambientales.

Las diferentes modalidades que adoptan los mercados en diferentes contextos dependen de los condicionantes externos y de las demandas redistributivas de los sistemas de gestión del agua. La capacidad de adaptación de los mecanismos de mercado y la consideración de las externalida-

des negativas decide en buena medida el éxito del instrumento de cara a la consecución de los objetivos para los que fueron implementados. En los siguientes párrafos se proceder a repasar las diferentes modalidades de mercados de agua avanzando distintas consideraciones sobre su adaptación a la concepción integral del agua y a su versatilidad como instrumentos de gestión de riesgos.

### Cesiones temporales de derechos

Son los instrumentos de mercado que gozan de una trayectoria más larga en su puesta en marcha tanto en su versión informal -mercados que surgen de forma espontánea entre los propios usuarios sin que exista ningún organismo regulador que dirija o controle el proceso -, o formales -regulados por la administración pública activando el mecanismo a través de la puesta en contacto las partes intervinientes o supervisando las cantidades intercambiadas y los precios de intercambio-

El desarrollo de este tipo de cesiones puntuales de carácter voluntario genera ganancias a los agentes económicos que participan en él, especialmente cuando sucede en un periodo de sequía, pues permite acceder al agua por aquellos agentes económicos que más están dispuestos a pagar por ella (aquellos que obtienen más valor por ella), de forma que el precio que este adquiere es un reflejo del valor de escasez del agua, salvo que existan movimientos especulativos en cuyo caso el precio del agua se encuentra adulterado por expectativas de diversa índole.

El éxito de estos mercados se basa en la transparencia y en la simetría de la información disponible entre los participantes para que existan las condiciones necesarias de competencia perfecta en la asignación eficiente de los recursos. Es por ello que las afecciones a terceros y las externalidades ambientales que estas transacciones provocan deberán ser consideradas en estos movimientos de forma precisa. La experiencia en la aplicación de

estas cesiones temporales muestra la necesidad de que existan organismos o agencias que controlen a través del establecimiento de reglas formales las transacciones y, que a su vez realicen un seguimiento y valoración de sus efectos. Para el establecimiento de unas reglas formales de funcionamiento del mercado es necesaria la existencia de unos derechos de agua bien consolidados y definidos.

El objetivo de reducir los riesgos a través de la estabilización de la oferta se consigue mejor a través de cesiones temporales que a través de la cesión permanente de derechos, pues en estos casos el riesgo es distribuido de forma muy ineficiente entre vendedor y comprador, quien en el segundo caso mantiene una posición arriesgada ya que necesitaría adquirir un excedente desconocido de agua durante un año seco. Los mercados temporales permiten una mejor distribución del riesgo entre las partes intervinientes, pues la mayor flexibilidad que aporta este tipo de intercambio permite una mejor disposición de las partes a este contexto de incertidumbre. Sin embargo, este tipo de intercambios de derechos de uso manifiesta importantes limitaciones y rigideces por los altos costes de transacción que conlleva la consecución de un acuerdo entre las partes que implican que los mercados pierdan agilidad y capacidad de respuesta ante situaciones inciertas.

### Bancos de agua

Parte de los efectos asociados a la comercialización de los recursos hídricos pueden ser superados a través de instrumentos de gestión centralizada como los Bancos de Agua o los Centros de Intercambio. En estos casos el papel regulador de la administración del agua es fundamental para su buen funcionamiento. Su función consiste básicamente en la adquisición de derechos a concesionarios interesados en vender temporalmente su asignación para luego ponerla a disposición de los compradores interesados a un precio y en unas condiciones establecidos por el centro regulador.

Los bancos de agua pueden llegar a comportarse como verdaderos instrumentos de gestión de riesgo capaces de activar respuestas de forma automática bajo condiciones preestablecidas incorporadas al proceso de planificación. Estos intercambios permiten a los organismos de cuenca asignar recursos escasos, crear una conciencia sobre coste de escasez y reducir los efectos de la sequía. La principal oportunidad que presentan es el ajuste de la oferta y la demanda en tiempo y lugar facilitando de este modo los intercambios. Como instituciones públicas son fáciles de controlar y fiscalizar siendo más transparentes y de mayor aceptación.

Desde el punto de vista del riesgo, los instrumentos de mercados centralizados como los bancos de agua disminuyen la incertidumbre en la disponibilidad de agua, reflejando en el precio de equilibrio la escasez de agua y las decisiones de los adquirientes que previamente han internalizando en éstas la existencia del mercado. De este modo el mercado facilita las respuestas tácticas de los compradores ante la sequía pues, en principio, conocen a priori toda la información que precisan para acceder al mercado.

La experiencia adquirida en bancos de agua de sequía de emergencia en California aporta algunas lecciones para el futuro desarrollo de estos bancos. Los estudios que analizan su puesta en marcha remarcan el papel vital de las autoridades para el desarrollo de estos instrumentos en la futura adopción y aceptación de estas transferencias a través de los bancos. Las autoridades deberán acelerar las transferencias, reducir el riesgo y la incertidumbre como consecuencia de esta transferencia y los costes de implementación de las transacciones de agua. El éxito de los mercados depende de la integración de estas transferencias en los ajustes oferta y demanda incluidas en la planificación hidrológica a escala de cuenca. Las consideraciones legales, ambientales y afecciones a terceras partes son fundamentales en su desarrollo.

### Contratos de opciones

En situaciones de suministro incierto en los que es frecuente la aparición de episodios de sequía es necesario buscar nuevos instrumentos que aseguren un acceso al agua equitativo y que tenga en cuenta el reparto del riesgo. Son necesarios contratos capaces de transferir el riesgo para reducir la vulnerabilidad social y económica a los ciclos de sequía. El funcionamiento de estos contratos de opción de compra se basa en la heterogeneidad de los usuarios respecto a su aceptación del riesgo.

Los contratos de opción pueden ser un marco óptimo para desarrollar un acuerdo a largo plazo que permita al comprador acceder a los derechos de agua sólo en los años de escasez a través de una opción de compra, pero existiendo una relación contractual entre las partes durante un periodo de tiempo amplio. De este modo se evitan altos costes de transacción y el establecimiento de un contrato de cesión en situaciones extremas de sequía cuando los compradores son muchos y los vendedores asumen un alto riesgo en la fijación de la cuantía y en muchos casos son más reacios a vender. Ésta es una forma eficiente de transferir riesgo porque no es necesario acompañarla de cesiones reales de agua, por lo que se muestran como una alternativa viable a la construcción de nuevas infraestructuras hídricas o embalses.

Los contratos de opción pueden estar vinculados con un banco de agua, ya que éste puede facilitar las transferencias en los términos establecidos en el propio centro de intercambio antes de un período seco. Tanto los bancos de agua como el contrato de opción son capaces de transferir el riesgo como medio de reducir la exposición social y económica a la sequía.

Debe quedar claro que en el supuesto de contrato de opción en contexto de incertidumbre sobre la disponibilidad del agua, es necesario redefinir el derecho al agua y precisarlo de modo que haga factible elementos tales como el momento

y las condiciones en las que se puede hacer uso del agua. En general habrán de definirse condiciones preestablecidas en tiempo y forma en que los atributos puedan ser transferidos y que son esenciales para planificar la demanda en un contexto de riesgo.

#### *Mercados de derechos de contaminación de agua*

Básicamente, la concepción de este instrumento implica la creación de un mercado en el que se intercambian permisos de emisiones contaminantes al agua con objeto de mejorar la calidad global de las aguas de los sistemas hídricos. Se trata de uno de los mecanismos más novedosos en la actual gestión del agua tanto por su diseño como por su implementación.

Sin embargo, las experiencias de puesta en marcha en el mundo son limitadas dado que precisa de un contexto legal en materia ambiental muy exigente y unos condicionantes económicos específicos. El éxito de este mecanismo depende en gran medida del grado de ambición de la administración en la reducción de contaminantes y de su compromiso en la consecución de estos niveles a través de la aplicación de medidas punitivas eficaces.

Además de un contexto legal y ambiental adecuado para el desarrollo de estos instrumentos, es necesario que exista un profundo conocimiento del origen de las cargas contaminantes en las cuencas y de su comportamiento y evolución. En este sentido, el control de los llamados “puntos calientes” son una de las grandes dificultades que estos intercambios deben superar, pues su aparición puede ser más frecuente con los intercambios de permisos de contaminación comercializables. Otro elemento de reflexión en torno al funcionamiento de estos mercados es que tienen una difícil aceptación social pues se trata de que la sociedad en su conjunto acepte que uno o varios agentes paguen por contaminar más que el resto con el objetivo final de que la sociedad pague menos en su totalidad por reducir los niveles globales

de contaminación a unos niveles establecidos. La experiencia adquirida en la comercialización de emisiones de CO<sub>2</sub> puede ser un impulso a este mecanismo aunque existe una opinión generalizada de que la existencia de mercados de agua puede favorecer su puesta en marcha.

#### **4.- La experiencia de implementación de mercados del agua**

Son innumerables las experiencias de puesta en marcha de mercados de agua. El desarrollo de estos mercados ha surgido en algunos lugares de manera espontánea activándose cesiones puntuales de manera informal (India, Islas Canarias,..) o a través de la creación de un marco regulador que trata de activar los intercambios mediante mercados formales (Australia, California, España, Méjico). Dentro de este último caso, ha habido países que han optado por una gestión claramente descentralizada y menos interventora, como es el caso de Chile o Australia en el que se han desarrollado los mercados ‘spot’ basados en cesiones puntuales. En otros casos el papel de las administraciones de agua ha sido fundamental supervisando y controlando los intercambios (España, California) u optando de este modo por bancos de agua.

Los acuerdos sobre uso conjunto de agua también pueden transvasar las fronteras nacionales para ser un mecanismo capaz de favorecer el uso cooperativo del agua entre países en conflicto. En este sentido existen propuestas para el desarrollo de un modelo cooperativo de uso del agua a través de cesiones e intercambios que podrían solucionar buena parte de los conflictos por el agua que existe en oriente medio entre Israel, Palestina y Jordania.

Un repaso de las distintas experiencias de intercambio de derechos de uso pone de manifiesto la importancia de determinados elementos diferenciadores como factores clave en el funcionamiento de los mercados. Así la fisiografía de la cuenca, la economía de la zona, los niveles de riesgo soportados por los distintos agentes intervinientes o la definición del derecho de uso o de

propiedad del agua son elementos que en buena medida explican el funcionamiento del mercado.

En el caso de California o Australia con mercados formales bien asentados, el papel de las instituciones y el marco legal que regula los intercambios son fundamentales. La experiencia australiana ha mostrado el éxito del instrumento con más de diez años de experiencia en los que la participación ha ido en aumento generando significativas oportunidades en la gestión del agua, aunque por una serie de razones, esas ganancias se han traducidos en un importante coste ambiental. En la actualidad Australia esta actuando a través de un proceso de reforma en la rectificación de estos problemas ambientales pero siempre con el objetivo de mantener las mejoras alcanzadas a través de los mercados de agua, pues son considerados como un buen instrumento de asignar y usar el agua. Las reformas iniciadas en materia de agua se orientan hacia la redefinición del derecho del agua con la idea de desvincularlo de la propiedad de la tierra y tratarlo como un activo que pueda ser desagregado aportando así una mayor flexibilidad a las transacciones.

California es un exponente claro de modelo de gestión en el que la gestión de la demanda a través de la potenciación de los mercados y de la reutilización de los recursos existentes es la opción preferida frente a las políticas tradicionales de aumento de la oferta. El contexto institucional y la definición de los derechos de propiedad en California han permitido el desarrollo de los mercados de agua como un instrumento viable para afrontar las sequías sufridas en las décadas de los 80 y 90 en el estado. Los problemas de falta de flexibilidad en la respuesta y la existencia de importantes externalidades ambientales y sociales sufridos en los primeros años de experiencia en la puesta en marcha de mercados voluntarios basados básicamente en la cesión de agua por parte de los usos agrarios a los usos urbanos, pusieron de manifiesto la necesidad de desarrollar mercados bajo una gestión centralizada y claramente incorporada a los conceptos de gestión integral.

Así surgieron los Bancos de Agua de Emergencia para hacer frente a la sequía sufrida a principio de la década de los 90. La falta de previsión y las rigideces del modelo han hecho que las autoridades apuesten por los bancos de agua desarrollados a partir de un sistema de opciones de compra para hacer frente a futuros episodios de escasez.

La experiencia chilena es un caso muy ilustrativo para analizar el comportamiento de los mercados en contextos económicos caracterizados por la baja intervención y por la inexistencia de instituciones que controlen la gestión del agua a nivel de cuenca. El balance final de la experiencia chilena tiene defensores y detractores. En cualquier caso el sistema ha beneficiado a algunos sectores de la economía como es el hidroeléctrico a la vez que ha permitido la modernización de muchas áreas de riego pero ha supuesto un importante deterioro de determinados ecosistemas hídricos y pérdidas económicas que afectan a las capas de la sociedad menos favorecidas.

En Israel los mercados de agua se plantean como un instrumento de intercambio y cooperación con un importante potencial de cara a la resolución de conflictos. En este sentido se han desarrollado modelos económicos que optimizan un modelo de cooperación en el uso de las aguas de Jordán y del acuífero de la montaña entre tres países en conflictos como Israel, Jordania y Palestina. La valoración económica de los intercambios se realiza a través del precio sombra, siendo este un indicador del valor de escasez del recurso. Son muchos los académicos que mantienen que esta opción como menos costosa y ambientalmente más interesante que la desalación de aguas del mar y acuíferos, opción por la que están optando los organismos internacionales que actúan en esta zona de conflicto. En este modelo de intercambio cooperativo todos los participantes ganan.

Los mercados basados en el intercambio de permisos de contaminación también son instrumentos que deben ser considerados en la planificación hídrica con objeto de mejorar la calidad

de las aguas. Las experiencias en este caso son más escasas y se limitan a cuencas piloto como Tar- Palinco o Lake Dillon en Estados Unidos o Murray Darling en Australia. Los éxitos alcanzados en la mejora de la calidad de las aguas ponen de manifiesto el importante papel que han de jugar en el futuro estos instrumentos; para su desarrollo es necesaria la existencia de un marco adecuado que precisa de una experiencia previa en mercados de agua. La experiencia en la gestión cuantitativa del agua a través de los mercados debe servir de base para el desarrollo de mecanismos de transacción de la calidad de las aguas aunque es preciso un profundo conocimiento del proceso de contaminación en la cuenca y un seguimiento, pues no es lo mismo el funcionamiento de los mercados cuando se trata de contaminación de origen localizado o cuanto la contaminación es de tipo difuso en cuyo caso es más compleja su gestión. En cualquier caso, es preciso establecer un equivalente ambiental entre los contaminantes intercambiados de difícil cuantificación.

Las experiencias analizadas sobre cesiones de agua han mostrado que la efectividad de estos intercambios está influida explícitamente por los diferentes elementos de incertidumbre. La adaptación de los mercados a las situaciones de riesgo es necesaria y posible para alcanzar no sólo la asignación del recurso sino también la asignación del riesgo. La experiencia australiana, americana o incluso la española trasluce la necesidad de ir más allá en el desarrollo de mercados más sofisticados que permitan una redistribución de los derechos y una asignación estacional de forma rápida y con bajos costes de transacción; mercados que permitan la flexibilización de los intercambios adaptándose al contexto de incertidumbre. Es en este contexto donde se enmarcan los contratos de opción como instrumento capaz de transferir el riesgo y como mecanismo para reducir la vulnerabilidad social y económica a los ciclos de sequía. Esta modalidad de mercado a día de hoy goza de una corta experiencia, pero parece consensuada la opinión del importante potencial que tiene como mecanismo de asignación de riesgo y como

medida de gestión a incorporar en los planes de gestión integrada.

## **5.- Valoración de las experiencias de mercados en España**

El problema de la gestión del agua en España es un claro exponente de modelo de gestión que demanda nuevas políticas para solventar el reto de la asignación del agua una vez que el modelo ha explotado las estrategias de gestión tradicional basadas en el aumento de la oferta de agua.

El marco legal español está concebido para el desarrollo de mercados de agua bajo de una concepción centralizada de la gestión por parte de las autoridades de las demarcaciones hidrográficas, instituciones responsables de hacer las concesiones de agua y de la planificación hídrica a nivel de cuenca. El marco normativo español establece que los mercados de agua (entre concesionarios o a iniciativa pública) se implementan para la reasignación de los derechos concesionales en situaciones de escasez (y sequía) para asegurar el suministro de agua a aquellos que pueden obtener mayor valor y en su caso también con objeto de alcanzar la mejora ambiental del medio hídrico. Los derechos de agua se establecen a través de un sistema concesional basadas en derechos de uso de larga duración lo cual aporta estabilidad al sistema. La Ley y la planificación establecen prioridades de uso y dotaciones y se pueden tomar decisiones sobre quien y en que cantidad se debe usar el agua cuando hay sequía. Sin embargo este sistema no permite mejorar la asignación del agua cuando las condiciones en que se adjudicaron inicialmente se han modificado.

Actualmente, la gestión del agua en España está pasando por un proceso de adaptación y de definición, pues por un lado existe una mayor competencia por el recurso motivado por el crecimiento de la demanda y por otro las posibilidades de aumento de la oferta se encuentran limitadas debido a los altos costes sociales, ambientales y

financieros que conllevan. Además se han introducido modificaciones importantes sobre los objetivos de calidad ambiental en las cuencas tras la incorporación de la directiva marco en nuestro actual marco legal lo cual dificulta aún más la asignación de recursos.

España ha hecho una clara apuesta por los mercados con intervención pública (mediante los Centros de Intercambio o los Bancos del Agua y los Contratos de Cesión de Uso de Recursos) ya que se considera que de este modo se ofrecen mayor garantía de que los intercambios no produzcan externalidades ambientales o a terceros y que no se produzcan precios abusivos por los intercambios (por falta de competencia, transparencia o agilidad).

En el marco de la legislación vigente y como respuesta a la sequía que viene sufriendo buena parte del territorio español especialmente las cuencas del sureste, se han desarrollado diversas transacciones de agua bajo las distintas modalidades de mercados recogidas en la ley. Así, se han producido diez operaciones de transacciones de recursos inter-cuencas y cinco ofertas de adquisición de derechos por parte de los Centros de Intercambio de las Confederaciones del Guadiana, Segura y Júcar. Las cesiones realizadas a través de los Centros de Intercambio han alcanzado precios por los recursos transferidos muy superiores a la valoración del lucro cesante correspondiente a la actividad agraria del cedente, lo cual da buena cuenta del valor de escasez del agua en prácticamente toda la mitad Sur de España en condiciones de sequía no extrema. Por otra parte, los recursos públicos totales dedicados a la adquisición de recursos hídricos a través de los Centros de Intercambio por parte de la administración a partir de una oferta pública han sido importantes.

Sin embargo la valoración global de las cesiones pone de manifiesto algunas deficiencias del sistema debido a que los efectos sociales y económicos generados por las transacciones no han sido considerados adecuadamente en las fases previas a la firma del contrato. Se han podido detectar cier-

tos elementos especulativos en los movimientos pues los precios pagados por los adquirentes son muy superiores al lucro cesante de los cedentes.

En los Centros de Intercambio los intercambios realizados han sido escasos y muchas las cargas administrativas y técnicas precisas para crear la infraestructura de los propios bancos. Todo ello sin duda debido a la necesidad de ofrecer garantías mínimas para su correcto funcionamiento. No obstante en la medida que las iniciativas no han llegado a culminarse en un marco estable de intercambios, ni han sido concebidos –al menos administrativamente– como oficinas permanentes, no es posible clasificar la experiencia española de bancos de agua como instrumentos de respuesta de carácter proactivo a las situaciones de sequía.

España acaba de iniciar un nuevo camino en la gestión del agua incorporando los instrumentos de mercado. El reto que exige la gestión de la actual sequía que afecta a buena parte del territorio requiere de respuestas capaces de anticiparse a las situaciones de riesgo, por lo es seguro que este camino va a precisar de cambios y nuevas orientaciones que den paso a una mayor flexibilidad en la asignación de los recursos. La consideración de los mercados de agua bajo la premisa de la gestión integrada del agua exige que éstos sean incluidos y considerados de forma explícita en los actuales planes de cuenca y los planes de sequía desarrollados en las demarcaciones hidrográficas.

## B) EJE TEMÁTICO: SOLUCIONES FINANCIERAS PARA PAÍSES EMERGENTES

### 1. – La necesidad de mejorar el acceso al agua y la eficacia y el reto financiero

El agua es esencial para la vida. Se calcula que los seres humanos necesitan aproximadamente entre 15 y 18 litros de agua diarios para sobrevivir. Aunque hay suficiente agua para todos, el acceso al agua es un problema considerable. Estudios re-

cientes prevén que en las condiciones de gestión actuales, el 35 % de la población mundial carecerá de agua en los próximos 25 años. Incluso en zonas en las que el agua no escasea, muchas personas no tienen acceso a ella. Más de mil millones de personas carecen de acceso a agua potable (dos tercios de ellas viven con menos de 2 dólares al día) y más de 2.600 millones no disponen de acceso a mejoras de saneamiento.

Las recientes cifras de la ONU indican que hay más de 100 millones de personas que todavía no tienen acceso a agua potable en Europa con la consiguiente contribución a la muerte por diarrea de casi 40 niños al día en la región. A nivel mundial, la prueba actual demuestra que se podrían evitar 1,7 millones de muertes anuales si se proporcionara acceso a agua potable y saneamiento.

La Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO) prevé que para el año 2030 la producción de alimentos tiene que crecer un 1,4 % anual para satisfacer la demanda. Alrededor de la mitad de este aumento tendrá que generarse a partir de regadíos. El reto para satisfacer esta necesidad es la disponibilidad de agua porque más de la mitad de la población mundial vive en zonas del planeta donde escasea el agua. Así pues, es necesario encontrar los medios para aumentar la producción de alimentos sin incrementar la proporción de agua consumida por la agricultura.

Las necesidades de inversión y escasez de agua coexisten con el desperdicio de agua, la gestión ineficaz, las instituciones débiles, las subvenciones indiscriminadas sobre los precios del agua para usos agrícolas y consumo humano y continuos incrementos en los costes de inversión en recursos hídricos. La mayoría de los estudios indican que aunque todos los sectores de las economías nacionales reciben ayudas relacionadas con el agua, los usuarios del agua con fines industriales y agrícolas reciben las más fuertes. La mayoría de los usuarios de los países desarrollados además de los consumidores ricos de los países en vías de desarrollo no pagan el verdadero coste del agua.

El acceso al agua potable y saneamiento es un problema complejo. El agua es un sector intensivo en capital y se necesitan inversiones importantes para obtener y distribuir el recurso. No obstante, muchas personas consideran el acceso al agua como un derecho y como tal existe cierta resistencia a pagar un precio concomitante al valor total entregado. El asunto es más complicado por el hecho de que el agua es indispensable para la salud humana y la producción de alimentos. Como resultado, el acceso al agua es un asunto de alta carga política que oculta la toma de decisiones con respecto a las inversiones y al control del recurso. Además, muchas de las responsabilidades de la producción y suministro se encuentran en manos de entidades sub-estatales, hecho que añade otra capa de riesgos políticos que provienen de horizontes de planificación menores y diferencias potenciales de puntos de vista políticos con los gobiernos nacionales, con el consiguiente aumento de la politización de la toma de decisiones.

El agravamiento de estos problemas políticos y de precios es el hecho de que el clima de la inversión en la mayoría de los países en vías de desarrollo no conduce a la inversión en un sector de tanto riesgo. Muchos países en vías de desarrollo necesitan mejorar elementos clave como la estabilidad macroeconómica, el estado de derecho, la gestión fiscal, las instituciones reguladoras y el funcionamiento del sistema judicial. Un entorno político facilitador es crítico para el acceso a la financiación del sector.

En la actualidad existe mucha confusión en los mercados financieros, por lo que el acceso a la financiación resulta más difícil para un sector considerado muy arriesgado por la mayoría a causa de las características políticas y socioeconómicas mencionadas anteriormente. Esta situación se agrava por el descenso de la inversión pública y privada en infraestructura en general y en el sector del agua y saneamiento y en particular. La participación del sector privado en inversiones hidráulicas cayó de un promedio de 5.800 millones de dólares anuales en los últimos cinco años del

siglo XX a menos de 2.200 millones de dólares anuales en los primeros seis años del siglo actual. Sin embargo y afortunadamente, este escaso nivel de participación incluye más proyectos que antes (aunque de menor envergadura) y un aumento significativo de la participación de los operadores locales. El número de países con participación privada en un sector tan complejo ha aumentado un 10 % en los últimos cinco años y 16 países han presentado participación privada por primera vez desde el nadir alcanzado en 2000. La Ayuda Oficial al Desarrollo (AOD) para el sector también se ha incrementado considerablemente en los últimos años, al igual que lo ha hecho la de las donaciones multilaterales. Pero nuevamente, la suma de los 4.000 millones de dólares (en 2005) de estas dos fuentes sigue siendo insuficiente.

Se cuenta con que la mayoría de los recursos financieros proceden del sector público, de los gobiernos nacionales y subnacionales, aunque las necesidades son tan altas que no se pueden rechazar las contribuciones financieras, técnicas y directivas del sector privado. Hay que encontrar modos de aumentar la disponibilidad de nuevos recursos públicos y privados y, especialmente, de mejorar los ya existentes. Aunque debemos reconocer que la inversión privada y las finanzas estructuradas están actualmente (temporalmente) pasadas de moda, esto no significa que el sector pueda permitirse ignorar sus contribuciones potenciales, particularmente cuando se ve en el contexto más amplio de sus posibles contribuciones técnicas y de gestión.

Es importante tener en cuenta:

**a)** El potencial para aumentar la disponibilidad de los servicios de abastecimiento de agua mediante la mejora de la eficacia económica (tarifas, tarifas relativas, gobernanza del sector, etc.) y la eficacia de los activos existentes (eficacia operativa, reducción de residuos, gestión, etc.) para utilizar los recursos financieros existentes de maneras más efectivas. La eliminación de algunas de estas ineficacias es un largo camino

hacia la reducción de costes para mejorar la disponibilidad del recurso y atraer las inversiones.

**b)** El sector del agua es complejo y necesita instituciones fuertes que tengan acceso a los recursos humanos y financieros necesarios y es necesario que haya una regulación y una supervisión independientes (que sean independientes de los proveedores del servicio) para garantizar las adecuadas comprobaciones y equilibrios.

**c)** Aun cuando los servicios de abastecimiento de aguas funcionaran de manera eficaz y el clima regulador fuera el adecuado, seguiría habiendo grandes necesidades de inversión pública y privada en infraestructura y servicios hidráulicos. Hay formas de atraer más financiación mediante la exploración de fuentes potenciales de financiación pública y privada y la estructuración de inversiones de tal modo que mejore la disponibilidad de las finanzas (estructuras financieras alternativas e instrumentos de reducción de riesgos).

## **2. - Mejora de la eficacia como fuente de recursos financieros**

La reducción de las ineficacias y la posesión del entorno adecuado para la inversión son importantes fuentes de financiación. Antes de explorar las posibilidades de obtener recursos financieros públicos y privados para llevar a cabo las inversiones necesarias, los gobiernos deben considerar la eliminación de las ineficacias económicas, técnicas y de gestión en lo que respecta al suministro de servicios de abastecimiento de aguas, además de la creación de una política y de los marcos regulador y de inversión adecuados para atraer la inversión.

La eliminación de algunas de estas ineficacias puede reducir la necesidad de las inversiones o puede generar ahorros internos que disminuyan la necesidad de financiación externa. En muchos países en vías de desarrollo, la provisión de servi-

cios de abastecimiento de aguas es relativamente ineficaz y el potencial de mejora es muy elevado. Esta sección habla sobre las principales fuentes de ineficacias sólo en el contexto de su potencial de reducción de necesidades de capital y también tiene en cuenta la necesidad de mejorar el entorno facilitador del sector. Las ineficacias provienen de fuentes técnicas, de gestión y sectoriales.

Una revisión exhaustiva de las ineficacias microeconómicas, técnicas, de gestión y sectoriales es un buen comienzo en cualquier programa para mejorar las inversiones en servicios de abastecimiento de aguas y un uso muy adecuado de los recursos de donaciones internacionales que tendrán un efecto multiplicador sobre el potencial para atraer inversiones y otros recursos financieros.

### Ineficacias económicas

Mejorar la eficacia económica en lo que respecta a los servicios de abastecimiento de aguas exige cobrar el precio justo por dichos servicios. Para entender la cuestión de tarificación y subvenciones eficaces en los servicios de abastecimiento de aguas hay que tener en cuenta algunas características específicas de su provisión. De hecho, se puede obtener una mejora del bienestar con un programa de tarificación uniforme establecido y los precios difieren del coste marginal mediante el establecimiento de los adecuados planes de discriminación de precios que pueden tener las subvenciones cruzadas. Esto no quiere decir que todos los planes con subvenciones cruzadas aumenten el bienestar, pero algunos sí. Desde un punto de vista voluntario de sostenibilidad, algunos planes de subvenciones cruzadas no son adecuados, mientras que otros sí lo son. Algunas veces, los planes de precios óptimos y voluntariamente sostenibles no son compatibles. En estos casos, resulta con frecuencia necesaria una compensación entre lo óptimo y lo sostenible. En Resumen, las

subvenciones cruzadas son buenas para aumentar el bienestar, pero el uso inadecuado puede traer la separación de los consumidores a los que se les ponen precios excesivos y costes mayores para todos.

En la mayoría de los casos, el agua potable es suministrada por una empresa de servicio público gestionada por una entidad pública o privada que opera dentro de una autoridad nacional o subnacional (como un ministerio). Los servicios

#### Algunas definiciones

- Criterio de coste marginal. Según este criterio, un plan de precios tiene subvenciones cruzadas si algunos precios al consumo son inferiores al coste marginal. Si no, si todos los precios al consumo son equivalentes o superan los costes marginales, el plan de precios no recibe subvenciones.
- Criterio de coste medio. Según este criterio, un plan de precios tiene subvenciones cruzadas si algunos precios al consumo están por debajo de los costes medios y otros por encima de estos. Obsérvese que cuando algunos costes se comparten entre distintos productos el plan de coste medio no se puede definir con precisión.
- Criterio de coste incremental. Según este criterio, un plan de precios tiene subvenciones cruzadas si las ganancias procedentes de un consumidor o grupo de consumidores son menores que el coste incremental de proporcionar los servicios a ese consumidor o grupo de consumidores.
- Criterio autónomo. Según este criterio, un plan de precios tiene subvenciones cruzadas si las ganancias procedentes de un consumidor o grupo de consumidores son mayores que el coste de proporcionar el servicio únicamente a ese consumidor o grupo de consumidores.

<sup>10</sup>El agua potable es suministrada generalmente en Europa por una empresa de servicio público típica, mientras que el saneamiento y el tratamiento de aguas los proporciona el municipio. En muchos municipios latinoamericanos los servicios de agua y saneamiento son proporcionados por una sola organización.

de abastecimiento de agua y saneamiento por lo general se suministran conjuntamente, aunque no siempre es así. Cuando los servicios de abastecimiento de agua y saneamiento están diferenciados, el saneamiento lo proporciona habitualmente una agencia municipal relativamente autónoma y financiada mediante impuestos municipales.<sup>10</sup> Si no es viable promulgar impuestos municipales y nacionales para pagar el saneamiento, entonces el agua y el saneamiento deberán ir unidos y suministrados y facturados juntos para garantizar que los consumidores efectivamente pagan los gastos de saneamiento. Esto es necesario para evitar crear incentivos incorrectos que puedan llevar a confusión moral si los servicios de agua y saneamiento fueran proporcionados por diferentes empresas de servicio público y el pago por ambos servicios fuera recaudado por la compañía de aguas. Teniendo en cuenta todo lo anterior, el comentario que sigue sobre tarificación se refiere al suministro de servicios conjunto y diferenciado.

Como es el caso en todos los segmentos monopolizadores de los servicios de infraestructuras, la tarificación de los servicios de abastecimiento de agua y saneamiento es el tema central de la regulación del sector. La razón para esto es que mientras en los entornos competitivos las empresas no pueden establecer precios más altos que los costes marginales sin experimentar una gran reducción de su cuota de mercado, las empresas monopolio pueden hacerlo sin enfrentarse a las mismas consecuencias. Además, dado que la elasticidad de la demanda por agotamiento de agua es baja, un monopolio no regulado dará unos precios que estén muy por encima de los costes marginales. Existen dos dimensiones diferentes que se deben tener en cuenta al tarificar las empresas de servicios de abastecimiento de agua y saneamiento: los precios medios y la estructura de precios.

Existen dos planes principales para contabilizar los gastos asociados al uso del agua: tarifas fijas por unidad de consumo de agua o tarifas por unidad de consumo de agua. Especialmente en aquellos servicios en los que no es posible medir el

consumo se aplican tarifas planas, que son más o menos independientes de la cantidad de agua consumida. Las tarifas pueden estar relacionadas con el nivel previsto de uso según, digamos, el número de personas de la vivienda o el tamaño de la conexión de la tubería. Aunque no se puede encontrar una justificación económica para esta práctica, podría ser el único modo factible de recaudar ingresos en un sistema caracterizado por la falta de contadores o una mala gestión. El cobro de distintas tarifas a distintos grupos de consumidores da lugar a los temas de las subvenciones cruzadas.

### **Ineficacias técnicas, de gestión y sectoriales**

Entre las principales **ineficacias técnicas** se encuentran el consumo no productivo de agua y energía, es decir, fugas de tuberías antiguas, tomas ilegales y agua no contabilizada que puede alcanzar hasta el 50 % (aunque un promedio general podría estar cercano al 20 %). Algunas de las pérdidas son inevitables, pero muchas se pueden controlar. Las inversiones para reducir el agua no productiva y fomentar la conservación, la reutilización del agua y la depuración pueden ayudar a evitar o posponer inversiones de capital mucho más costosas.

Uno de los principales gastos en el suministro de agua es el consumo de electricidad, que se usa fundamentalmente para bombear agua. Por ejemplo, en México y Brasil el consumo eléctrico supone entre el 30 y 40 por ciento de los ingresos de las empresas de servicios de abastecimiento de agua. Se estima que el ahorro de energía a través de la mejora de la eficacia podría reducir el consumo de energía entre un 10 y un 40 %, ahorrando, por consiguiente, entre el 5 y el 15 % de los ingresos. Además, los problemas creados por las pérdidas y la eficacia energética se agravan entre sí porque el agua que se pierde ha sido bombeada, por lo que no sólo se desperdicia el agua, sino también la energía.

Las ineficacias en el riego son similares y también incluyen pérdidas en la productividad resul-

tantes del fracaso en la gestión de las cuencas, pérdidas debidas a la evaporación y pérdidas por prácticas agrícolas y riego inadecuados (como el riego de cultivos de escaso valor o incluso los cultivos intensivos de riego abundante donde el valor marginal del agua es muy alto: el tradicional “more crop per drop” (más cultivos por gota).

Entre las principales **ineficacias de gestión** a nivel de proveedores de servicios se encuentran los temas de corrupción, facturación y recaudación, incentivos inadecuados por consumo, nóminas hinchadas (algunas empresas de servicios públicos se utilizan para patrocinio político) y sistemas de gestión deficientes. El Banco Mundial estima que los costes extraordinarios por obras civiles debido a connivencia entre contratistas superan el 15% y que los procedentes de sobornos por concesión de contratos están entre el 6 y el 11 %.

Además, el Banco Mundial ha descubierto que el 40 % de los clientes del Sur de Asia notificó haber pagado un soborno. En cuestión de facturaciones y recaudaciones ineficaces, se ha descubierto que no se factura toda el agua empleada, no se recaudan todas las facturas y no se utilizan eficazmente todos los ingresos recaudados. En muchos casos, los incentivos por consumo son contrarios a todo: existe una falta de contaduría, las conexiones ilegales no se facturan y las estructuras tarifarias no proporcionan los incentivos correctos. Además, existe una carencia de esfuerzo por cobrar las facturas.

Entre otras ineficacias de gestión tenemos las carencias institucionales ya que están relacionadas con la capacidad de las autoridades del sector para preparar proyectos que se puedan presentar para obtener financiación pública o privada. La mayoría de las inversiones, particularmente en servicios nuevos, son resultado de “proyectos” que tienen que identificar las necesidades, valorar las compensaciones, demostrar que son un buen uso de los recursos e incluir planes para realizar una implementación efectiva y eficaz. Muchos países en vías de desarrollo tienen que mejorar su capacidad

institucional en las áreas de preparación de proyectos, ejecución y gestión del funcionamiento del sistema, particularmente a nivel subnacional, que es donde se desarrollan la mayoría de los proyectos de abastecimiento de agua. Es un terreno fértil para la ayuda bilateral y multilateral orientada a ayudar a que estos países se ayuden a si mismos. De hecho, varias entidades donantes han desarrollado programas especiales para apoyar el desarrollo de proyectos y el fortalecimiento de las instituciones.

Una tercera fuente principal de ineficacia podría llamarse ineficacias “**sectoriales**” y tiene relación con temas de gobernanza, políticas y gestión del sector. Existen multitud de instituciones y niveles de gobierno implicados en los servicios de abastecimiento de agua y en la mayoría de los países en vías de desarrollo el sector se ha enfrentado tradicionalmente a la escasez de recursos. En algunos casos, existen incluso asuntos de gestión transfronterizos. También puede existir una falta de coordinación nacional y subnacional en las responsabilidades de gestión, así como una incapacidad para integrar las políticas sobre recursos hídricos, fragmentación institucional, competencia no saludable por el recurso y capacidad limitada en la gestión de políticas e instituciones reguladoras entre estos dos niveles de gobierno. La clara asignación de la propiedad, las responsabilidades y los recursos y la preparación y actualización de los planes de Gestión Integrada de Recursos Hídricos (IWRM) para mejorar la eficacia en la asignación y gestión son ingredientes fundamentales de cualquier programa de mejoras.

## **Regulación y clima de inversión**

Como las responsabilidades de muchas inversiones en servicios de abastecimiento de agua recaen en los gobiernos subnacionales, su capacidad institucional y fiscal tendrá un gran impacto sobre el sector del agua. Gracias a la descentralización, en la mayor parte de los países en vías de desarrollo las responsabilidades se aproximan a donde se encuentra la acción y aumentan el potencial de

respuesta a las necesidades locales. Desafortunadamente, sin embargo, en los países descentralizados los gobiernos locales tienden a cambiar con más frecuencia que los nacionales y existe la posibilidad de rivalidades entre los partidos políticos que gobiernan las distintas jurisdicciones, lo cual tiende a complicar estas relaciones y a hacer más inestables las inversiones. Además, la descentralización de las responsabilidades y las transferencias fiscales hacen más posible que se puedan utilizar los impuestos generales para transferir recursos de zonas del país más ricas a aquellas que son más pobres. En los servicios de abastecimiento de agua, estas subvenciones cruzadas de carácter nacional hacen posible algunas inversiones. La gestión de estas relaciones puede tener un impacto significativo en la inversión, independientemente del fracaso entre las responsabilidades públicas y privadas.

Al evaluar las opciones de evaluación para estimular la inversión en servicios de abastecimiento de agua, los legisladores concentran sus esfuerzos a menudo en inversiones concretas. La discusión previa ha tratado de demostrar que las situaciones microeconómicas y sectoriales son factores determinantes. Pero estas inversiones se desarrollan en el entorno macroeconómico e institucional más amplio.

Como parte del proceso de reforma, es importante que instituciones, políticas y estructuras de inversión presenten a todos los participantes los incentivos adecuados. La propiedad y el funcionamiento en el sector público normalmente carece de los incentivos para actuar y, en muchos casos, puede tener incentivos contrarios a todo que surjan del proceso presupuestario que asigne más dinero a los sectores que más gastan, no necesariamente a los que gastan mejor o de la forma más eficaz. Los contratos de actuación pueden ayudar a superar los problemas resultantes de la falta de incentivos por eficacia. Siempre y cuando los beneficios marginales superen el coste, el sector privado tendrá un incentivo para aumentar la cobertura. No obstante, sin la supervisión apropiada, existe el riesgo de que los proveedores del sector privado no puedan ofrecer cobertura sufi-

ciente o que la calidad de sus servicios sea baja. Como la provisión de servicios de abastecimiento de agua es un monopolio, las tarifas, la calidad, la disponibilidad, la cobertura y demás deberán ser convenientemente reguladas y gestionadas.

### **3. – Fuentes y acuerdos para aumentar los recursos financieros para la infraestructura hidráulica**

#### **Planificación financiera**

El primer paso del proceso de financiación consiste en planificar las necesidades y encontrar los agujeros financieros. Hay varios modelos que se han desarrollado recientemente para ayudar a los gobiernos en estas tareas. El que más se utiliza es FEASIBLE, una herramienta de software desarrollada para ayudar a preparar estrategias de financiación ambiental para servicios de abastecimiento de aguas, de tratamiento de aguas residuales y de residuos municipales sólidos que se puede emplear para facilitar el proceso iterativo de equilibrar los recursos financieros necesarios con aquellos de los que se dispone y determinar los déficits o superávits financieros y la estructura de los posibles agujeros financieros. Estos resultados ayudan a los legisladores a comprender dónde se encuentran los principales cuellos de botella además de dónde, cuándo y qué intervenciones políticas adicionales son necesarias para facilitar la financiación eficaz de los programas de desarrollo de infraestructuras. El gráfico 1 del Anexo incluye una perspectiva general auto explicativa del proceso iterativo.

La mayoría del tiempo, los gobiernos encontrarán objetivos que se tendrán que reducir para ajustarse a los recursos potenciales y disponibles. Como alternativa, tienen que recurrir a algunas de las medidas comentadas anteriormente para aumentar la disponibilidad de fondos mediante el aumento de la eficacia, o buscar estructuras de financiación alternativas para hacer que las entidades donantes o financieras dediquen recursos. Para implementar las inversiones necesarias, los gobier-

nos tendrán que explorar todas las opciones para lograr sus objetivos. Aunque todos los recursos tendrán que provenir de los usuarios (contribuyentes), los intervalos de tiempo en la disponibilidad de dichos recursos tienen que ser financiados, ya sea a través de los gobiernos, directamente por el sector privado o mediante donaciones. Los dos primeros recuperarán sus inversiones a través de impuestos o tarifas.

### **Fuentes de financiación: pública y privada**

En un sector políticamente arriesgado como es el de los servicios de abastecimiento de agua, la mayor parte de la financiación tendrá que ser ofrecida por el sector público a nivel nacional y/o subnacional. El sector público puede ofrecer recursos mediante contribuciones de capital y créditos inmediatos a las empresas de servicio público de abastecimiento de agua o a través de intermediarios de desarrollo como bancos para el desarrollo o fondos para las infraestructuras, entre otros. Estos bancos y fondos pueden, a su vez, buscar financiación en las contribuciones gubernamentales o préstamos (créditos e instrumentos de deuda comerciables), además de en las contribuciones de participación de los mercados financieros nacionales e internacionales, incluidos los bancos de desarrollo multilateral (lo más probable) y la ayuda bilateral (más adelante hablaremos sobre las formas de emplear de manera más eficaz la ayuda internacional). Estos instrumentos indirectos pueden apalancar los recursos públicos y atraer recursos privados mediante la mancomunación de riesgos (los activos se invierten en una comunidad de proyectos) y/o mediante el ofrecimiento de garantías gubernamentales explícitas o implícitas (dependiendo de la estructura del instrumento). Estos instrumentos tienen limitaciones cuantitativas en las cuantías de los fondos que pueden intermediar. Así pues, se debe prestar atención para asegurar que las decisiones siguen las reglas de comercio porque los fondos se están obteniendo del público general y de los mercados financieros.

No obstante, la gran envergadura de las necesidades insatisfechas supone que el sector no puede ignorar el potencial de la inversión directa de carácter privado, es decir, que se deben explorar todas las posibilidades. La restricción más importante para explotar los recursos del sector privado se refiere a las características del sector del agua, en particular su bajo rendimiento para los riesgos sociopolíticos que le son inherentes. Para atraer recursos privados expuestos al riesgo del sector será importante aumentar los beneficios (con medidas de eficacia o con subvenciones del gobierno o donaciones, por ejemplo) o disminuir el riesgo (con instrumentos de reducción de riesgos y estructuras financieras que comentaremos más adelante).

Algunos argüirán que los recursos financieros del sector público deberían ser la opción preferente puesto que tiende a ser más económica que la financiación privada. Sin embargo, existen limitaciones en torno a la disponibilidad de financiación pública y también existen usos alternativos de los recursos públicos (para otros bienes socialmente deseables) que pueden no tener acceso a financiación privada. La necesidad de mantener un entorno macroeconómico estable significa que la capacidad para pedir un crédito (en los mercados locales e internacionales), la capacidad impositiva y la capacidad de gastar también tienen límites. Algunos de estos límites surgen de las pautas del Fondo Monetario Internacional sobre el gasto actual (a pesar del hecho de que algunas de estas se pueden clasificar adecuadamente como inversiones y no como gasto actual). Como resultado, la opción de financiación debe ser capaz de ofrecer “valor por dinero”, evitando atentamente el uso de recursos privados sólo para salvar las reglas presupuestarias. La opción de las estructuras financieras tendrá que tener en cuenta las ganancias relativas de eficacia de la financiación y operación privada frente a la pública (construcción, gestión, operación y financiación), las transacciones y los costes de gestión, las instituciones para gestionar y regular la operación, la transferencia de tecnología, la asignación eficaz de riesgos y la viabilidad política y social.

Si están adecuadamente estructurados (véase el siguiente apartado), algunos proyectos pueden ser capaces de explotar los mercados de capital nacionales e internacionales. Dado que las fuentes de ingresos de estos proyectos se denominan en la moneda local, es casi imperativo que los fondos se obtengan en los mercados nacionales. Desafortunadamente, en los países en vías de desarrollo estos mercados suelen tener recursos limitados y suelen estar poco desarrollados. Los instrumentos más habituales son los empréstitos, con o sin avales (véanse los apartados siguientes). Algunos países han estado desarrollando inversores institucionales locales, en concreto fondos aseguradores y de pensiones que inviertan en estos proyectos. Una vez más, si los instrumentos están convenientemente estructurados para adecuarse a las apetencias entre riesgo y rendimiento (proyectos mancomunados para diversificar el riesgo, avales para reducir el riesgo, proyectos seleccionados cuidadosamente para aumentar los beneficios). Además, últimamente han resurgido en la infraestructura de financiación privada nacional e internacional fondos que se pueden explotar con las estructuras adecuadas. Estos recursos financieros privados tienen que limitarse a proyectos y empresas de servicio público solventes (por derecho propio o por ampliación de crédito).

Una de las fuentes de financiación mencionadas indirectamente es la ayuda extranjera bilateral o multilateral. Como estos recursos vienen a bajo coste o sin coste, es muy importante apalancarlos lo más posible (dentro de las restricciones que puedan tener). El uso preferente de recursos de subvenciones debería atraer otros recursos financieros.

### **Todas las opciones están abiertas**

El entorno actual de aversión al riesgo y la experiencia con algunas actividades especulativas que incluían participación privada pueden hacer que “los árboles no nos dejen ver el bosque”. Debemos tener cuidado para no evitar la participación privada a causa de la situación actual. Cuan-

to menos, el sector privado puede ofrecernos su experiencia técnica y de gestión en un proyecto, aun cuando no contribuya a su financiación. Esto último puede ir desde proporcionar asesoramiento hasta gestionar ciertas funciones (como el mantenimiento, la facturación y las recaudaciones y el control del consumo no productivo de agua). Una modalidad con más implicación que se ha propuesto recientemente es la de la franquicia, por la cual un operador privado cede sus conocimientos, un modelo y sistema de gestión empresarial y un nombre a cambio de un canon de entrada y un porcentaje de los ingresos. Esta modalidad sería más útil en sistemas pequeños y medianos que no poseen economías de escala para desarrollar todos los sistemas de gestión necesarios para un funcionamiento eficaz. No obstante, esta modalidad todavía no ha despegado.

El sector público dispone de otras oportunidades para dedicarse a participaciones no tradicionales con el sector privado y obtener ventaja del deseo de los grandes consumidores de agua (por ejemplo, las industrias de bebidas y de minería) para dedicarse al desarrollo de la comunidad como parte de su respuesta responsable a la comunidad por consumir una gran cuota del recurso. Este tipo de implicación de la comunidad podría tomar la forma de proporcionar acceso a sus sistemas de abastecimiento de agua o transferir conocimientos, por ejemplo. Algunos grandes consumidores de agua, como Antofagasta Minerals en Chile, han llegado hasta a convertirse en propietarios de la empresa de servicio público de agua, por lo que atienden así a sus propias necesidades y a las de la comunidad. A principios de 2008, Pepsi anunció una colaboración con el Instituto de la Tierra y H<sub>2</sub>O África para mejorar el acceso al agua, al saneamiento y al riego en Brasil, China, India y África, con la donación de 8 millones de dólares además de la experiencia en gestión. A mediados de 2007, Naciones Unidas lanzó el Mandato del Agua del CEO (en el contexto del Pacto Mundial), que busca ponerse en contacto con grandes empresas para mejorar y profundizar su implicación en la gestión responsable de los recursos hídri-

cos. A fecha de marzo de 2008, 21 empresas se habían adherido al llamamiento a la acción y a los principios estratégicos (Nestlé, Coca-Cola, Diageo, Unilever y Dow Chemical, entre otras).

### **Estructuración financiera de los proyectos**

Dadas las amplísimas variaciones en las características de los proyectos de servicios de abastecimiento de agua, el riesgo político y social relativamente alto que supone y la escasez de fondos, se deben explorar todas las fuentes de financiación disponibles. La disponibilidad de estas fuentes para una inversión dada es una función de la modalidad escogida para el suministro de los servicios, las condiciones económicas, sociales y políticas que prevalecen en el país, la gobernanza del sector y la disponibilidad de instrumentos para reducir el omnipresente riesgo. Podemos aprender de los muchos proyectos que han fracasado en el pasado reciente por no haber incorporado las condiciones predominantes y el entorno del sector en el diseño del proyecto.

Dependiendo de las modalidades de la provisión del servicio, las distintas partes implicadas afrontarán distintos riesgos y recompensas y tendrán distintos incentivos que conseguir, lo que afectará a la eficacia de la provisión del servicio y al acceso a los recursos financieros. Van desde el suministro por parte de una oficina gubernamental hasta una empresa de servicio público estatal, hasta cooperativas de clientes y diversos acuerdos del sector privado con diversas responsabilidades. Con los incentivos y regulaciones adecuados, estas amplias variaciones en las responsabilidades se pueden emplear para obtener lo mejor de ambos mundos, es decir, lo mejor que tienen que ofrecer los sectores público y privado en las condiciones actuales.

Las condiciones locales son críticas para determinar el modo de estructuración y de financiación de las inversiones. Sin embargo, se pueden contrarrestar algunas debilidades mediante la aplicación de instrumentos de reducción de

riesgos. Como muchas de las condiciones locales que afectan a los proyectos hidrológicos de los países en vías de desarrollo son débiles, la respuesta más tentadora es confiar en las soluciones puramente del sector público. Sin embargo, hacerlo puede hacer perder posibilidades importantes de atraer otros fondos y, en todo caso, también puede fracasar porque, en última instancia, el suministro de servicios de abastecimiento de agua depende del espacio fiscal del gobierno.

Existen algunas modalidades que trabajan adecuadamente frente a algunas condiciones locales débiles con o sin instrumentos de reducción. Si la debida diligencia encuentra, por ejemplo, que el marco legal es débil, las modalidades adecuadas son aquellas que no exigen recurrir a este marco (como las empresas de servicio público totalmente públicas, las cooperativas y la externalización de servicios). Si, además del marco legal débil, el riesgo político es alto, la externalización es imposible, pero si encontramos un instrumento de reducción como el prepago por los servicios suministrados, la externalización puede ser viable. Si el espacio fiscal es débil, las únicas modalidades viables son aquellas que confían en el sector privado y no necesitan pagos gubernamentales, pero si además del espacio fiscal débil, el marco legal es débil, estas modalidades dejan de ser viables. Entonces no tiene sentido insistir en una concesión privada o Ministerio de Comercio, ya que está destinada al fracaso más tarde o más temprano porque estas modalidades requieren marcos legales y reguladores fuertes y consistentes.

### **Aumentar la disponibilidad de los recursos financieros mediante la reducción de riesgos**

El último paso para aumentar la inversión en servicios de abastecimiento de agua (después de haber mejorado el entorno de inversión, el funcionamiento de los activos existentes, de haber valorado las necesidades y los agujeros en las nuevas inversiones y de haber decidido sobre las estructuras financieras más adecuadas para la inversión)

es utilizar los instrumentos financieros disponibles para reducir tantos riesgos de inversión como sea posible con el fin de aumentar el perfil entre riesgo y rendimiento. Algunos de los instrumentos reducirán los riesgos inherentes a la estructura y otros reducirán los riesgos implícitos en las fuentes financieras escogidas. Algunos de estos riesgos afectan incluso a proyectos del sector público puro, aunque aquellos con participación privada se enfrentarán a grupos de riesgos más amplios derivados de las relaciones entre las partes privadas y públicas.

Los riesgos se pueden clasificar en tres amplias categorías: riesgos de la construcción, riesgos comerciales y financieros y riesgos políticos. En los riesgos de la construcción se incurre durante la fase de construcción del proyecto y se refieren a hechos tales como los riesgos de finalización (la posibilidad de que el proyecto se finalice a tiempo y al coste presupuestado) y riesgos asociados, como accidentes, incendio y similares. Los riesgos comerciales y financieros son los que tienen que ver con el funcionamiento de la inversión e incluyen exposiciones a la inflación, depreciación de la moneda, pérdidas de ingresos, interés y tenor de la financiación (es decir, los riesgos que surgen cuando se ha incurrido en una deuda a tipos de interés variable o por breves períodos de tiempo que requieren una nueva financiación). Los riesgos políticos se refieren a cambios en las condiciones contractuales de la inversión y en el entorno legal y regulador (incluidas la devaluación y la conversión de la moneda), expropiación inmediata y actos de guerra o terrorismo. Algunos de estos riesgos afectan a todos los proyectos independientemente de la propiedad, mientras que otros son una función de la propiedad y la estructura financiera. Algunos se reducen gracias al seguro (accidentes, guerra y terrorismo, conversión de moneda), otros necesitan avales u otros acuerdos contractuales con terceros y otros no se pueden reducir a ningún coste razonable.

La posibilidad de reducir los riesgos financieros puede tener un impacto significativo sobre la viabilidad de la inversión y de los recursos financieros

atractivos. Los riesgos financieros más habituales provienen del relativo subdesarrollo de los mercados financieros locales y de la aversión por el riesgo de los mercados internacionales que tienden a suministrar cantidades limitadas de recursos con tenores inferiores a los necesarios. Las inversiones en servicios de abastecimiento de agua tienen largos plazos de amortización y suelen necesitar largos tenores. No obstante, Los mercados internacionales tienden a proporcionar tenores más breves de lo que sería deseable. Una forma de reducir este riesgo de refinanciación es obtener avales de instituciones multilaterales, generalmente en forma de aval que haga frente a la deuda en caso de que el prestatario no pueda hacerlo (normalmente es un aval circulante que garantiza, digamos, el primer año y se amplía a un segundo año si el prestatario cumple las obligaciones y así sucesivamente). Este aval permite al prestamista ampliar el tenor del crédito porque aumenta la posibilidad de que se haga frente a la deuda. Esto también se aplica a las corporaciones públicas, aunque en este caso, es posible que el gobierno amplíe el aval. (Aunque entonces el riesgo de mora pasa a ser un riesgo político y los prestamistas podrían querer un aval externo). En cuanto a la tasa, estos avales pueden ayudar a reducir el coste total de los créditos, con el consiguiente aumento de la viabilidad de las inversiones y de la participación del sector privado.

La exposición a divisas extranjeras presenta un riesgo crítico. Las fluctuaciones de los tipos de cambio tendrán efecto sobre la inversión porque los ingresos de los proyectos hidrológicos se obtienen en la moneda local. Este desajuste entre la moneda en la que se denomina la deuda y la moneda en la que se reciben los ingresos da lugar a la exposición a las divisas extranjeras y al riesgo a causa de los tipos de cambio fluctuantes (depreciación) o los cambios en un tipo de cambio fijo (devaluación). Como resultado, las obligaciones y el pago de la deuda se vuelven más costosos y el balance económico del proyecto se deteriora. Existen muy pocas opciones fáciles para reducir este riesgo. La más obvia es evitarlo mediante la obtención de un crédito en los mercados locales.

Sin embargo, los mercados financieros de la mayoría de los países en vías de desarrollo no están suficientemente adecuados para facilitar créditos en las cuantías y tenores necesarios para los proyectos de los servicios de abastecimiento de agua. En algunos países se han fomentado los inversores institucionales (como los fondos de pensiones, compañías aseguradoras y fondos de inversión colectiva), que poseen obligaciones a largo plazo y pueden invertir en estos tipos de proyectos. No obstante, aunque pueden adquirir activos realizables a largo plazo, los inversores institucionales necesitan liquidez y un buen índice de solvencia crediticia sobre dichos activos. Una opción es ejecutar varios proyectos y emitir instrumentos de deuda de manera colectiva a través de un intermediario financiero ordinario (es decir, “asegurar”, o emitir títulos respaldados por créditos para estos proyectos, que es el método utilizado más habitualmente) o a través de una institución finalista (que puede exigir el aval explícito o implícito del gobierno o de una entidad ajena). Una opción alternativa consiste en obtener suficientes avales para la solicitud de crédito en el mercado.

Otra forma de reducir este riesgo es denominar los ingresos en divisas extranjeras, como fue el caso de Aguas Argentinas en Buenos Aires. Desafortunadamente, como la mayoría de la gente sabe, esta experiencia no terminó bien. La devaluación golpeó con venganza y el aumento necesario de la tarifa fue política y económicamente insostenible. Sin embargo, esta opción puede funcionar cuando las expectativas son que pequeñas e incrementales depreciaciones de la moneda. Esto sería parecido a referenciar las tarifas a la inflación. Si el riesgo comercial se reduce de este modo, se transforma en un riesgo político, porque el gobierno o entidad reguladora tendrá que aprobar el aumento de las tarifas. Dicho sistema, sin embargo, tiende a resquebrajarse cuando se acercan las elecciones. Si las expectativas son que los tipos de cambio no vayan en una sola dirección (fundamentalmente hacia abajo), otra opción para reducir estos riesgos es obtener líneas contingentes de crédito para cubrir los déficits temporales a la espera de recuperar las

pérdidas cuando se invierta la tendencia. Finalmente, el riesgo de moneda extranjera también se puede reducir mediante el establecimiento de tarifas por encima del nivel requerido, con lo que se generarán unos ingresos adicionales que se podrán ahorrar para utilizarlos cuando las tarifas no sean suficientes para proporcionar los ingresos mínimos necesarios. La última opción apenas se puede aplicar, aunque se deben estudiar todas las opciones.

Instituciones multilaterales como el Banco Mundial y los bancos para el desarrollo regional ofrecen avales de riesgo crediticio que normalmente se denominan avales de riesgo parcial porque sólo cubren el impago que se produzca a causa de ciertos acontecimientos predeterminados (no de cualquier acontecimiento). Sin embargo, los avales de crédito parcial abarcan una parte del impago en un espectro de circunstancias más amplio. Los avales completos para la solicitud de crédito cubren la totalidad de la cuantía del préstamo, normalmente se utilizan para mejorar la solvencia crediticia de los instrumentos de deuda locales o internacionales y están garantizados por lo que se denominan aseguradores monolínea (especializados). En cuanto a la tasa, estos avales pueden reducir el coste de la deuda y aumentar la disponibilidad de recursos financieros, permitiendo que el proyecto explote otros mercados financieros y otros especuladores de los mercados como los inversores institucionales.

Otro gran grupo de riesgos son lo que se conocen como riesgos políticos y reguladores: hacen referencia a la exposición de las inversiones a las decisiones políticas y reguladoras, lo que da lugar a lo que podría llamarse riesgo político, es decir, el riesgo resultante de las políticas gubernamentales. Las reducciones de estos riesgos son limitadas e incluyen asegurar que los reguladores son competentes e independientes. Estos riesgos políticos son más difíciles de reducir y las compañías aseguradoras y de avales ofrecen menos cobertura para ellos (aunque algunas están empezando a incluir los riesgos políticos entre sus productos).

Algunas compañías garantizarán eventos concretos como el pago por finalización (por el cual normalmente obtienen contra-garantías del gobierno). Como indica claramente la salida de muchos operadores privados del sector del agua en Latinoamérica, los fracasos políticos han sido la causa más común de la renegociación de contratos y fracasos de las inversiones. Estos fracasos pueden conducir a lo que se denomina expropiación gradual, es decir, la pérdida del valor de una inversión resultante de los incumplimientos de los acuerdos originales. En el caso del capital privado en riesgo, puede llevar al fracaso de la inversión, aunque en el caso de una empresa de servicio público de capital público puede conducir al deterioro del servicio y la necesidad de más fondos públicos.

Los problemas creados por la conversión de la moneda también están en manos del gobierno. Si el proyecto tiene financiación externa (mediante ampliación del capital y/o endeudamiento) necesitará convertir la moneda local ganada en divisas para pagar las deudas puntualmente. (Esto no se refiere al valor del tipo de cambio que se contempló anteriormente, sino a la disponibilidad de la divisa extranjera). Algunos países proporcionarán seguros y/o avales de disponibilidad, pero el riesgo sigue estando ahí. Este tipo de seguro de convertibilidad lo facilitan las compañías internacionales, como el Organismo Multilateral de Garantía de Inversiones (OMGI) y las agencias nacionales de créditos para la exportación (para inversiones por los ciudadanos del país). Este es el seguro de riesgo político "tradicional". Recientemente ha habido algunas ampliaciones de este seguro de riesgo político para cubrir el incumplimiento de contratos y la rebeldía ante una decisión arbitral (es decir, cuando el gobierno no reconoce los resultados del arbitraje vinculante).

También han surgido avales o seguros más complicados para cubrir la circunstancia de que un gobierno no pueda atender sus obligaciones contractuales (riesgo político). En su mayoría han sido facilitados por instituciones financieras multilaterales y abarcan el incumplimiento de los pagos por finalización, pagos por consumo, subvenciones, la imposibilidad de aumentar las tarifas, la imposibilidad de realizar aportaciones y los cambios especificados en las leyes, normativas, impuestos y la cancelación de licencias, entre otros.

Después de seleccionar una estructura inicial de un proyecto, incluidas las reducciones de los riesgos, se debe efectuar un análisis para asegurarse de que un riesgo no se sustituye por otro, como por ejemplo, la conversión de un riesgo comercial (ingresos) en un riesgo político al aceptar un aval del gobierno. Si este es el caso, se tendrán que considerar la capacidad fiscal y política del gobierno para hacer frente al pago, su voluntad política y la independencia de la interferencia política para atender estos compromisos.

Y por último, siempre existirá el riesgo de que algunos gobiernos deseen tener el control de los servicios de abastecimiento de agua, particularmente a nivel sub-estatal donde son relativamente más visibles, los gobiernos cambian con más frecuencia y el nivel de desarrollo institucional es menor. Estos riesgos son muy difíciles de evitar. Si el análisis muestra que están presentes en una situación dada, deberán tenerse en cuenta estructuras con alguna implicación por parte del sector público, sacrificando algunas veces posibles fuentes de financiación y conocimientos tecnológicos y de gestión. La sostenibilidad a largo plazo de los servicios también es un factor de consideración fundamental.

# CONCLUSIONES Y RESUMEN DE MENSAJES CLAVE

Las transacciones como instrumento de la gestión integrada de agua y la financiación de servicios de agua en países emergentes

## 1 PRESENTACIÓN DE LAS SESIONES

En la semana del 28 de julio al 1 de agosto se ha celebrado en Zaragoza en el marco de la Expo la Semana Temática sobre Economía y Finanzas del Agua, con dos ejes temáticos: “Mercados de Agua” y “Financiación de Agua en Países Emergentes”. Ha sido organizada por la Tribuna del Agua con la colaboración de la Fundación Biodiversidad.

En esta semana se trató cómo las transacciones de agua son una realidad en países como Australia, Estados Unidos e India y serán en el futuro instrumentos esenciales para la gestión del agua. En España han sido claves para garantizar el agua en el sureste español durante la última sequía.

Esta semana fue inaugurada por los Alcaldes de Zaragoza y Huesca, por el Director de Tribuna de Agua y por la nueva Directora de la Fundación Biodiversidad del Ministerio de Medio Ambiente, Medio Rural y Marino, Ana Leyva. La semana ha reunido a más de 250 expertos invitados de 24 países y a 60 ponentes y panelistas de Australia, Chile, Estados Unidos, India, Israel, Jordania, Canadá y España que han debatido cómo las transacciones de agua han servido y pueden servir en el futuro como un instrumento de la gestión pública para asegurar una asignación y uso eficiente del agua, para gestionar la escasez y la sequía y como herramienta para la solución de conflictos.

Doce expertos del Banco Mundial y de diferentes países (Méjico, Ecuador, Perú e Israel) han

tratado distintos aspectos sobre la financiación de inversiones en países emergentes. Se ha destacado la importancia del clima político y económico de estos países para asegurar la viabilidad de las inversiones y el funcionamiento de los sistemas de suministro de agua. Se ha coincidido en que los recursos financieros deberán provenir tanto de los usuarios, como de los contribuyentes, de los donantes públicos y de los inversores privados. Diferentes casos han ilustrado cómo estos principios se están aplicando con éxito. Durante la semana temática el Banco Mundial organizó una video conferencia sobre Esquemas de Financiación Híbrida de Infraestructuras de Agua donde se reflexionó sobre los sistemas mixtos de financiación pública-privada que han surgido en los últimos años como respuestas a las crisis sucedidas en diferentes países como Argentina o Rusia y que persiguen repartir riesgos y responsabilidades entre ambos sectores a la hora de financiar grandes infraestructuras. Participantes por vía remota de Senegal, Marruecos, Jordania y Turquía debatieron las formas de mejorar la financiación del sector y el importante papel de la financiación y gestión pública.

Durante la semana temática se han realizado actividades paralelas, incluyendo un acto sobre alternativas innovadoras de financiación para conseguir los Objetivos de Milenio de acceso al agua potable y al saneamiento, organizado por la Agencia Vasca del Agua y la Oficina de Naciones Unidas en Zaragoza de Apoyo a la Década del Agua; y dos debates abiertos al público de la EXPO sobre valor y precio del agua organizados

por Ágora\* que han mostrado el interés de la población sobre el tema.

En la semana temática se ha presentado evidencia de cómo el cambio climático está afectando a las precipitaciones y temperaturas y cómo los escenarios previstos por los expertos son de mayor deterioro. Esto va a afectar más a los países que como España tienen ya problemas de escasez de agua para atender a la demanda existente y supondrá, por tanto, un reto para la gestión del agua. El incremento de la demanda motivada por el crecimiento poblacional y económico, y la contaminación del agua potable son aspectos que están agravando este problema. Todo ello conduce a un aumento de los conflictos y competición por un agua de calidad en diferentes partes del mundo. De ahí la necesidad de limitar las demandas y usar el agua de manera adecuada. Es necesario examinar nuevas alternativas de suministro y opciones de gestión más allá de las opciones tradicionales orientadas a la oferta. Una de estas opciones de gestión eficiente son las transacciones de agua en las cuales hay un acuerdo voluntario de cesión de agua a otros usuarios o a la administración del agua a cambio de una compensación.

De acuerdo con la experiencia en California presentada por Ellen Hanak (Instituto de Políticas Públicas de California) y Michael Hanneman (Universidad de Berkeley) hay que pensar en las transacciones como una alternativa más dentro de un “menú” de opciones que hay que evaluar de acuerdo con sus costes, garantía, impacto ambiental y contexto social. El cambio climático y sus impactos hacen ya ineludible e inaplazable para los responsables de la gestión del agua un cambio en la forma de gestionar los recursos de manera que se puedan también mantener la calidad ambiental y los ecosistemas y gestionar adecuadamente las sequías –que en gran medida se pueden prevenir.

Expertos de primera fila de Australia, Chile y Estados Unidos como Richard Howitt (Universidad

de California, Davis), Guillermo Donoso (Universidad Pontificia de Chile), Carl Bauer (Universidad de Arizona), Mike Young (Universidad de Adelaida, Australia) han analizado y valorado la experiencia adquirida en sus países donde las transacciones de agua ya son una realidad en los últimos 10 años en sus distintas modalidades. Para los expertos de estos países está claro que las transacciones han tenido impactos favorables reflejados en un incremento en la eficiencia física y económica en el uso de este recurso, la reasignación entre usos de acuerdo con sus exigencias de calidad, la disminución de tensiones y conflictos y en algunos casos en la generación de un mejor desarrollo integral. Sin embargo se ha concluido que la eficiencia económica en la asignación por sí misma no es el único objetivo de la política del agua, pues deben ser considerados otros aspectos como la preservación de las actividades rurales y los servicios ambientales proporcionados por ellas, garantizar el empleo, la renta y el equilibrio territorial. Las cuestiones de cómo estas transacciones han afectado a los usuarios de menos recursos y las cuestiones de equidad fueron uno de los aspectos que se consideraron más relevantes en el análisis de la experiencia.

Expertos internacionales de la talla de Alon Tal (Instituto Arava de Estudios Ambientales, Israel); Henning Bjornlund (Universidad del Sur de Australia y de la Universidad de Lethbridge, Alberta, Canadá); o Mordechai Shechter (Universidad de Haifa, Israel) han resaltado cómo la experiencia de Israel ha de considerarse fundamentalmente como acuerdos cooperativos. En el caso de Australia la intervención del gobierno es necesaria y fundamental para garantizar el abastecimiento sostenible del agua y evitar las posibles prácticas monopolísticas presentes en las transacciones –dando lugar a precios excesivos por control del vendedor.

Es muy importante por tanto que la administración del agua tenga capacidad para gestionar este nuevo instrumento y establezca unas normas claras que regulen y supervisen las operaciones,

\*Un foro abierto al público en general que gestionó Tribuna del Agua para ampliar la difusión de temas específicos.

incluyendo el establecimiento de reglas formales para la ejecución y supervisión de las transacciones, asegurando la transparencia, y evitando, por ejemplo, que se produzcan transacciones con agua que no se estaba utilizando, que se deje de usar el agua por aquellos que la ceden o que los precios sean excesivos. La creación de registros eficientes de los titulares de concesiones y derechos de uso de agua y de los propios acuerdos de intercambio, que sea transparente y fácilmente accesible a todos a un coste asequible, y con el pleno respaldo de la ley es fundamental. Por todo ello más allá de establecer por Ley la posibilidad de realizar transacciones debe haber personal especializado en las organizaciones públicas para que no se produzcan efectos indeseados.

De acuerdo con David Katz de la Universidad de Tel Aviv y Robert Rose de la Agencia de Protección Ambiental del Gobierno Federal de Estados Unidos, hay que evitar que los intercambios puedan dar lugar a impactos ambientales y considerar que también pueden servir de instrumento para la conservación de la calidad de los ecosistemas acuáticos. Es imprescindible para ello que la administración del agua fije y asegure el cumplimiento del régimen de caudales ambientales y los objetivos de calidad, además de establecer en los acuerdos/contratos de intercambio cómo tratar estos impactos ambientales. En ningún momento se debe considerar que la existencia de transacciones es sinónimo de menos gestión pública del agua, más bien al revés.

Los expertos australianos han defendido el desarrollo de modalidades de transacciones mucho más novedosas como son los contratos de opción, los mercados futuros y los contratos condicionales como mecanismos para mejorar la asignación y distribución del riesgo dada la variabilidad en la disponibilidad de agua. En la modalidad de contratos de opción las empresas de abastecimiento o instalaciones industriales que requieren una alta garantía, acordarían con otros usuarios tener la opción de poder usar su concesión de agua en caso de sequía. Los cedentes potenciales recibirían

a cambio una compensación económica anual – un seguro de garantía– por un agua que solo dejarían de usar en los años de sequía. Se trató el importante papel que en Australia tienen los “brokers” de agua, que son independientes (aunque regulados) de la administración del agua, para acercar a potenciales interesados en hacer transacciones y así asegurar que hay suficientes oferentes y demandantes con información transparente y abierta a todos vía electrónica.

Se ha destinado una jornada a valorar la experiencia española en transacciones de agua. Se han presentado y debatido las recientes experiencias de transacciones en España que se han articulado a partir de los llamados Centros de Intercambio y los Contratos de Cesión. Se ha reflexionado sobre su idoneidad como mecanismos para solucionar situaciones de sequía y mejorar la calidad ambiental. Los expertos nacionales han coincidido en el hecho de que las transacciones han sido útiles para responder a situaciones críticas de escasez durante el último periodo de sequía aunque el volumen de agua negociado ha sido marginal con respecto al agua total utilizada en España. Las transacciones deben valorarse a la luz de la importancia que tienen para garantizar el suministro de agua en áreas urbanas costeras y para actividades agrícolas que requieren de una alta garantía como es el caso de los cultivos leñosos (frutales, olivos, viñas). Los ponentes en las distintas sesiones han coincidido en la idea de que el actual momento de cambio en la asignación de los recursos motivados por la mayor presión en determinadas áreas y el aumento de la probabilidad de sufrir episodios de sequía como consecuencia del cambio climático, exige este tipo de instrumentos y nuevas políticas y enfoques en la gestión.

## 2 RESUMEN DE LOS DEBATES

En la Primera sesión dedicada a analizar el problema de la escasez y los conflictos por el agua hubo un debate relacionado con el origen y la gestión de los conflictos por el agua en las

cuencas transfronterizas. Se discutió el conflicto en los ríos compartidos por México y EEUU – Río Colorado y Río Grande- y por España y Portugal – ríos Duero, Tajo y Guadiana- En el primer caso se concluyó que el origen de este conflicto estriba en la diferente concepción que tiene cada estado de los derechos de propiedad lo cual provoca modelos de gestión muy diferentes. En el caso español las diferencias están en cierto modo provocados por los diferentes intereses de las comunidades autónomas afectadas. En cualquier caso, cuando los recursos hídricos son limitados y es necesario una reasignación de los derechos siempre va a haber ganadores y perdedores: el principal problema es definir bien de quién son los derechos. Los ponentes opinaron que una solución satisfactoria a los conflictos del agua debería basarse en el establecimiento de incentivos a la cooperación para alcanzar situaciones en las que todos ganen. Además se recalcó la idea de que en la mayoría de los casos las externalidades ambientales y económicas no son consideradas adecuadamente. Es por tanto necesario alcanzar soluciones adaptativas en el modelo de gestión de las cuencas para poder afrontar los retos emergentes respecto a la disponibilidad del agua que directamente está siendo condicionada por el cambio climático y el incremento de la demanda. No obstante cualquier solución precisa ser revisada periódicamente para poder reaccionar a tiempo al cambio climático y a las nuevas circunstancias hidrológicas y antropológicas. Estas respuestas adaptativas con una permanente evaluación del impacto de sus acciones deben aportar las soluciones y acuerdos que mejor respondan a las prioridades inmediatas pero teniendo presente un modelo de gestión a largo plazo.

La segunda sesión tenía como objetivo analizar los retos para las instituciones de la necesidad de promover la cooperación, la resolución y la prevención de conflicto. Hubo debate centrado en el cambio institucional y el papel de los afectados por la gestión en este cambio. Se consideraba que deberían quedar bien definidos los intereses de las partes afectadas los cuales deben ser incorporados en el paradigma de la nueva gestión. Los valores

éticos son un elemento importante para una gestión eficiente del agua pues la relación entre sociedad y agua es fundamental en la resolución de conflictos cuando se producen en un contexto de escasez creciente. Por tanto, la gestión del agua precisa de una buena gobernanza. Para alcanzarla es necesaria combinar poder – como un proceso de toma de decisión llevado a cabo en la gestión del agua a altos niveles- y autoridad moral que emana de la gente que está inmersa en la tarea de resolver y afrontar los problemas sobre el terreno. La gobernanza necesaria para una gestión mejor y más eficiente del agua sólo puede ser alcanzada a través de la participación pública.

En la tercera sesión hubo un debate sobre el modelo de gestión de agua en California. Los ponentes mostraron una actitud crítica hacia como se ha desarrollado la gestión éste ya que para ellos el agua trasvasada desde el norte al sur durante décadas ha sido muy superior a las necesidades reales transmitiendo la impresión de que el agua es un recurso abundante en la zona lo cual se manifiesta en la presencia de amplias zonas verdes – tanto privadas como públicas- en un clima tan seco. El gobierno federal suministra agua al sur muy subvencionada y el usuario no paga su coste real con el consecuente aumento de la demanda. Se apuntó que esta gestión es compleja ya que la mayor parte de los usuarios son ciudades o poderosas corporaciones agrarias a las que no les gusta que se les cuestione el uso que hacen del agua. En las condiciones actuales, el uso del agua en California no está basado en una gestión positiva de los recursos. El portafolio de propuestas que consideran recursos no convencionales y opciones basadas en la gestión de la demanda con objeto de hacer un uso de las oportunidades marginales del agua son alternativas no realistas pues no están teniendo en cuenta los nuevos escenarios de disponibilidades motivados por la presencia de los efectos del cambio climático en California.

En la cuarta sesión sobre la teoría y la práctica de la reforma institucional para incorporar los mercados de agua en la gestión integrada se diri-

gió hacia el análisis de la experiencia de los mercados de agua en Australia y el Chile. Se discutió sobre si la nueva legislación australiana alcanzará los objetivos de la gestión integrada de los recursos hídricos. Hay diferentes puntos de vista en los méritos alcanzados por un modelo de gestión fragmentado como la que existe en Australia en lo que se refiere a la mejora en la gestión integrada de los recursos. Los ponentes consideran necesario que la reforma legal australiana establezca que el gobierno central haga una planificación global para todas las cuencas de modo que coordine las acciones de los distintos estados mediante la puesta en común de la información relativa a los recursos disponibles y actuaciones realizadas. Actualmente existe un debate sobre la implementación de la gestión integrada de los recursos hídricos en Australia, que se argumenta en que la reforma de la ley no ha considerado los objetivos de la GIRH. A pesar de ello Australia esta tratando de integrar la gestión de los recursos hídricos de forma que se interrelacionen los usos no económicos con los usos en los que el agua funciona como un bien económico. Así, la nueva legislación australiana permite la asignación de agua para fines ambientales a través de los mercados mediante la participación de los usos ambientales como un fin consuntivo más, siempre supervisado por el estado. En la práctica esto está suponiendo sólo un mínimo de caudal ambiental en los niveles de flujo del río. Para algunos participantes en los debates esta práctica no es factible ni económica ni ambientalmente ya que sus objetivos son opuestos, aunque otros mantienen que esta es la mejor manera de encontrar menor oposición por otros usuarios a la hora de captar caudales para el medio ambiente. En el caso Chileno el ponente mantiene que el sistema de mercados en Chile es perfectamente compatible el medio ambiente ya que el medio es un usuario más al que el gobierno fija los caudales mínimos de forma que sólo se comercia con el agua sobrante. Sin embargo para algunos participantes los hechos demuestran que en la práctica este modelo no funciona pues en Chile no se respetan las demandas ambientales.

En la quinta sesión destinada a analizar el marco institucional para el mercado de calidad del agua, el debate estuvo centrado en analizar el problema de la contaminación del agua como un problema de alta concentración de contaminantes que se podría combatir con la dilución de éstos. Por ello los mercados podría ser una alternativa pues sería posible comprar agua para diluir la contaminación. Un tema que se discutió también fue el trato que deben tener los mayores contaminadores pues con este mecanismo parecen que han adquirido el derecho a contaminar. Para los ponentes, en este modelo siempre hay ganadores y perdedores y muchos han salido impunes hasta ahora. Los ponentes mantienen que esto debe de cambiar pues existen instrumentos para repartir la responsabilidad de contaminar más equitativo. En este sentido, lo más práctico sería que el Estado pague a los agricultores para que reduzcan la contaminación y sancione a los que no lo hagan. La experiencia muestra cómo el modelo no funciona, pues en Australia por ejemplo no se está sancionando a los que no reducen las emisiones pues el sistema tiene un carácter voluntario. Además, se detectan desconfianza por parte de los agricultores respecto a las normas gubernamentales. La cuestión clave del debate sería cómo crear un equilibrio entre las obligaciones de las partes afectadas, los que contaminan y los que demandan agua limpia. Un modelo basado en desgravaciones fiscales por no contaminar sería una alternativa viable.

Establecer compraventa de derechos de emisión a través de mercados permite activar reformas institucionales. En este aspecto, el debate se centro en si es preciso establecer leyes explícitas para activar estos mercados. Así, hay quién mantiene que el mercado necesita un marco claro pero no se puede regular para que sea flexible y activo. Un tema que se debatió fue el establecimiento de un precio a priori en los acuerdos y si este precio debe ser igual al coste de la reducción de la contaminación. Para el ponente el precio lo establece el mercado. Para algunos participantes lo ideal es que haya una serie de sistemas de intermediación.

En la sexta sesión destinada a discutir sobre los modelos de asignación de agua económicamente eficiente y las limitaciones de los instrumentos de Mercado se volvió a la experiencia chilena para abordar el debate pues se trata de un caso claro de aplicación ortodoxa de la teoría económica al campo de la política de agua. Para el ponente hubo dos decisiones fundamentales para la evolución de la gestión del agua en Chile: la propiedad privada del recurso y la privatización de los servicios del agua. Durante muchos años la experiencia chilena ha sido vista como un ejemplo claro de los beneficios del libre Mercado y una referencia al paradigma de la gestión eficiente del agua. Sin embargo, surgen muchas preguntas: si realmente la gestión del agua en Chile alcanza la eficiencia económica, si se ha reducido la pobreza y si se han mejorado el estado ambiental de los ríos. La cuestión fundamental es si Chile está mejor ahora debido a este proceso de privatización aunque no está claro si la actual situación precisa ser comparada.

La séptima sesión destinada reflexionar sobre el mito de los mercados desencadenó un debate sobre la verdadera dimensión de los mercados de agua y si éstos pueden ser considerados como verdaderos mercados. En esta línea se discutió sobre cuáles deben ser los criterios que deben predominar a la hora de valorar los mercados: la racionalidad económica, la racionalidad social o la racionalidad política ya que en la práctica no coinciden. El cuestionamiento de los mercados por algún ponente se basó en la temporalidad de las leyes económicas y de la valoración de los bienes. Además mantiene que los mercados existentes no permiten el acceso libre a ellos. Como tema de fondo se debatió sobre si el agua es o no un bien público. En cualquier caso no hay que hablar de mercados de agua sino de comercio de agua pues se trata de compraventa de agua entre particulares. Los mercados son más factibles a pequeña escala pues a gran escala surgen los problemas de reasignación. El debate sobre mercados regulados o no regulados se afronta de forma parcial pues es fundamental considerar las peculiaridades de cada caso. Pero es claro que el Estado debe for-

mar parte de este sistema en sus distintas formas. Para algún ponente debe ser una parte esencial pues podría jugar un papel clave al establecer y regular las reglas de funcionamiento, por ejemplo mediante un mecanismo de subasta marcando los precios y asignando el agua a quién más la valora o en la resolución de conflictos.

La octava sesión destinada a analizar la experiencia australiana y californiana en la implementación de mercados fue muy productiva. El debate se centró en valorar los impactos que provocan estos mercados en el medio ambiente y en tercera partes. En este sentido se valoró el riesgo de aparición de monopolios, que han sido claros en el caso del banco de California. En el caso australiano la aparición es menos probable pues la ley estatal permite la intervención gubernamental para evitarlos. Se ha discutido además sobre los efectos sociales de los mercados al provocar un mayor abandono de la actividad agraria. En el caso australiano los mercados han sido positivos pues han limitado las pérdidas y han sacado del sector a agricultores que los habrían hecho de cualquier manera. Para evitar estos procesos en California se creó un fondo de compensación para las comunidades afectadas cuya gestión es supervisada por la administración. Respecto al control de los efectos ambientales, se destacó el mayor control que existe en Australia en este aspecto pues la mayoría de normas creadas se orientan a este fin.

También se debatió cuál es la mejor manera de distribuir los costes que conlleva el uso de las infraestructuras necesarias para el funcionamiento de un mercado. Los ponentes consideran que las reglas de funcionamiento del mercado debería de estar regulado por el gobierno y que los costes de uso deben ser financiados a través del establecimiento de un canon a los propios usuarios. Además, el precio que se paga por el agua debería recoger las pérdidas ocurridas en el transporte del recurso. Se reflexionó sobre las ventajas de los bancos frente a los intercambios entre particulares llegando a la conclusión de que aunque los primeros son menos flexibles tienen la ventaja de que hay

mayor confianza por parte de los participantes. La evolución natural de los bancos de agua serían los mercados de futuros pues permiten asignar también los riesgos. La participación de “brokers” en el mercado también fue debatida. Estos tienen un componente positivo al permitir agilizar el tema. En general todos los ponentes han coincidido en la necesidad de separar los derechos del agua de la tierra pues de este modo es más sencillo compartir los costes de agua entre las partes.

En la novena sesión destinada a analizar el papel de los mercados formales versus los mercados informales el debate sirvió para valorar el papel que realmente han tenido los mercados informales en la India y la necesidad que existe en este sector de lanzar mercados formales más regulados. Este tipo de instrumentos sería una herramienta esencial para poner en valor el gran capital social que tiene el país. Sobre el papel de los mercados en la resolución del conflicto árabe-Israelí se dejó claro que la resolución del problema del agua no debe depender de quién posee el agua, de forma que el reparto del agua no debe afectar a los procesos de paz. Se admite que los palestinos están dispuestos a pagar por el agua pero deberán acceder a los derechos. En cualquier caso nunca habría que sobreestimar el papel de los mercados, pues se debe enfocar más como un problema de gestión de las aguas subterráneas en un contexto de conflicto.

Los debates de la sesión décima se destinaron a aclarar temas relacionados con la gestión de la sequía y la escasez en España ante el reto del cumplimiento de la Directiva Marco. Se trató el problema de la necesidad de reasignar los recursos disponibles en un contexto de creciente escasez como la que sufren las cuencas españolas. En esta línea los ponentes afirmaron que los actuales planes de cuenca están considerando este nuevo escenario hídrico. Los usos ambientales tuvieron un protagonismo importante en los debates pues están presentes en la reasignación de los recursos a través del respeto de los caudales ambientales establecidos por ley, aunque para algunos participantes a veces se producen adjudicaciones ilegales

de concesiones con este pretexto. Los usos agrarios son siempre cuestionados en estas discusiones pues son los máximos demandantes de recursos y los grandes generadores de conflictos por el agua. En este sentido, para los ponentes es fundamental que en la valoración de estos usos quede bien reflejado cuál es el coste real del agua y las subvenciones percibidas; además las demandas se deberían ajustar a unos usos sostenibles. Se destacó el hecho de que usos y demandas no coinciden siempre de forma que los consumos cada día se ajustan más a las disponibilidades apreciándose una notable disminución de los consumos. Esto debe estar presente en la nueva planificación.

La sesión undécima destinada a analizar el marco institucional ante el reto de la gestión del riesgo. Se debatió sobre el interés de los contratos de opción como alternativa a las reasignaciones de recursos por ley. El interés estratégico que plantean los primeros es la posibilidad de asignar riesgos y presenta ventajas de una mayor flexibilidad y transparencia, si bien el actual marco legal español es bien claro es el establecimiento de preferencias de uso y en la autorización de cambios en las preferencias de usos por ley en situaciones de emergencia. Se debatió sobre si los contratos de opción podrían tener cabida en el marco legal español y haber sido considerado para solucionar problemas de sequía extrema como sucedió en el caso del abastecimiento de Barcelona en la primavera de 2008. Este tema suscitó ciertas controversias ya que para el ponente bajo determinados contextos este tipo de acuerdos podrían ser considerados como ilegales. Por otra parte, se discutió sobre las consecuencias legales de determinados trasvases realizados en cuencas españolas y el papel que han tenido las transferencias intra-cuencas bajo la modalidad de los contratos de cesión. En este modelo se han detectado falta de transparencia en las cesiones y movimientos especulativos por lo que debe ser fundamental la regulación estatal del proceso.

La sesión duodécima destinada a evaluar los mercados de agua en España suscitó controver-

sia entre asistentes y ponentes. Los principales elementos de la discusión se centraron en torno al precio pagado por el agua transferida dejando claro algunos ponentes y asistentes que éste debería estar intervenido pues han existido claros movimientos especulativos. Se llegó a la conclusión de que la escasa dimensión del mercado de agua en España no ha permitido que se hayan formado precios que ajusten oferta y demanda de forma que lo que se ha buscado es la existencia de oferentes por lo que los precios han sido muy elevados, en ocasiones por encima del lucro cesante. Algunos ponentes defendieron que habría que dejar evolucionar al propio mercado y que éste sea el que establezca los precios. En relación con este tema también se discutió sobre cual es el destino final de dinero que se obtiene del agua trasferida y si éste realmente repercute en el área cedente. Además se debatió sobre el uso de las infraestructuras para el trasvase y quién está pagando su uso. Se concluyó en la necesidad de establecer sistemas de control y seguimiento de las transferencias que permitan que el proceso sea transparente y que se ceda el agua que se utiliza realmente.

### 3 CONCLUSIONES Y MENSAJES CLAVE DE LAS SESIONES

#### 3.1 Síntesis de conclusiones y mensajes clave- Aportaciones a la Carta de Zaragoza

Desde Zaragoza reafirmamos la importancia del Principio 4 de la Carta de Dublín: El agua tiene valor económico en cada uno de sus usos competitivos y debe ser reconocida como un bien económico, debe ser gestionado con criterios de racionalidad económica garantizando la adecuada recuperación de costes de los servicios de agua.

Es primordial reconocer el derecho básico de todos los seres humanos de acceso al agua potable y saneamiento a un precio asequible para los consumos básicos sostenibles. Sin embargo, la falta de consideración del valor económico del agua ha dado lugar a que se malgaste el recurso

y a que se produzcan usos del agua que dañan el medio ambiente. La gestión del agua como bien económico en los usos es una forma importante de mejorar la gestión pública del agua, colaborar a su uso sostenible en situaciones de escasez y conseguir un uso eficiente y equitativo, así como de promover la conservación y la protección de los ecosistemas acuáticos.

En los nuevos escenarios asociados al cambio global y las tendencias asociadas al mismo, es necesario promover una gestión del recurso y de los servicios de agua que incorpore la totalidad de los costes de los servicios del agua de forma compatible con la consecución de objetivos sociales, económicos, ambientales y territoriales complementarios.

Para ello hay que establecer políticas integradas que faciliten la reasignación de agua entre usos siempre que con ello se potencie la eficiencia económica y la calidad ambiental. Las transacciones de agua deben considerarse como una medida de gestión pública del agua, ya que puede ser la alternativa más eficaz y eficiente en ciertas situaciones a medida que el agua se vuelve más escasa y variable.

La intervención pública es esencial en las transacciones para preservar el interés general, asegurar la existencia de información adecuada y transparencia sobre el valor y la productividad del agua en los diferentes usos, así como para asegurar que éstas sirven a la preservación de la calidad ambiental y se evitan impactos sociales y territoriales negativos. La intervención pública debe ser proactiva y promover una legislación y estructuración de los derechos de agua adecuados, que permitan transacciones de diversos atributos de los derechos (calidad, estación,...), transacciones interanuales, la existencia de un registro eficiente y suficiente capacidad y la formación de los gestores. La intervención pública debe asegurar que se facilitan y promueven las transacciones directamente o regulando a asegurando una regulación efectiva que evite la posición de dominancia de algunos intervinientes y que se activen derechos no efectivos y otros efectos sociales y ambientales.

La inversión en infraestructuras de agua en los países en desarrollo es clave para la reducción de la pobreza y para el crecimiento económico siendo los niveles de inversión actuales claramente insuficientes para conseguir los objetivos del milenio. Es necesario que los gobiernos y los organismos internacionales prioricen al máximo este tipo de inversiones y objetivos – ya que en la actualidad son claramente insuficientes. Una parte del problema ha sido la falta de planificación estratégica (incluida la financiera) y la incapacidad de los instrumentos financieros tradicionales de atraer las inversiones necesarias. Nuevas estructuras de financiación y mecanismos de gestión del riesgo financiero en los países emergentes pueden ayudar de manera importante.

Es necesario que los gestores de servicios de agua demuestren y mejoren la eficiencia técnica –pérdidas en las redes, eficiencia energética- y la eficiencia en la gestión de los servicios de agua. Los incentivos basados en los resultados de gestión y la utilización de la financiación presupuestaria pueden servir para atraer co-financiación de capital privado. Los precios del agua deben ser adecuados, pero las subvenciones públicas – con objetivos explícitos y transparentes- pueden ser a menudo necesarias para garantizar el acceso al agua y especialmente a los servicios de saneamiento a los segmentos más pobres de la población.

### 3.2 Conclusiones

#### **a) Los retos del nuevo contexto: cambio climático, aumento de las demandas y los cambios necesarios en las políticas y organizaciones de agua.**

##### **Mejora de la eficiencia en la asignación a través de transacciones de agua**

El cambio climático tiene un impacto negativo en las precipitaciones y la escorrentía de las cuencas hidrográficas que dará lugar a un incremento de las presiones sobre los ecosistemas y afectará

a la disponibilidad de de agua. Las políticas del agua inadecuadas refuerzan los efectos negativos del cambio climático.

La sequía y el cambio climático que afecta a las cuencas hacen ineludible una reorientación en la política del agua y el uso de nuevos instrumentos de gestión. En el nuevo escenario que se deriva del cambio global y climático hay que considerar que pueda ser necesaria la reasignación del agua y que se deba realizar una planificación estratégica para la gestión de la escasez y del riesgo de sequías e inundaciones. Para responder a los futuros escenarios de escasez e incertidumbre es necesario apoyarse en nueva información y datos climáticos e incorporar herramientas de planificación estratégica. La modelización de los sistemas de información hidrológica es una fuerte importante de información para los procesos de toma de decisiones y de la planificación a largo plazo y para poder anticipar escenarios de escasez y episodios de sequía.

El incremento en la demanda de agua también es origen de numerosos conflictos. La gestión y resolución de conflictos en el ámbito de cuencas hidrográficas pertenecientes a dos ó más países, como es el caso de los ríos fronterizos entre Estados Unidos y Méjico (Colorado y Grande) o entre España y Portugal (Miño, Limia, Duero, Tajo y Guadiana), debe tener en cuenta las condiciones locales para acometer soluciones a medida.

Las instituciones deben considerar equilibrar objetivos de desarrollo económico y de protección ambiental para lograr mejorar el bienestar social. Las fuentes de recursos no convencionales (desalación y reutilización) y la gestión más eficiente del uso del agua son las opciones disponibles en este contexto.

Es necesaria una mayor flexibilidad, adaptabilidad y dinamismo en los procesos de toma de decisiones relacionados con la gestión de cuenca para poder afrontar los cambios que se pueden ir sucediendo en la disponibilidad de agua bajo el escenario del cambio climático y la demanda cre-

ciente de recursos hídricos. Las transacciones de agua permiten la reasignación y sería una de las opciones que posibilitaría una solución frente a la limitación de recursos. Sin embargo, este tipo de alternativas deben ser evaluadas en relación a los costes, los efectos y los impactos ambientales y sociales que producen en comparación con otros posibles instrumentos.

El uso del agua en algunas regiones del mundo como California es muy elevado considerando las similares características climáticas de esa región con otras partes del planeta como es el caso español. No obstante, durante décadas, el gobierno de los EEUU ha potenciado la actividad económica de los estados del oeste a través de una política de asegurar la disponibilidad de recursos hídricos. Es el caso de la desviación del río Colorado hacia el sur de California para el uso en actividades de regadío. También, a nivel del Estado de California, se han acometido trasvases desde las lluviosas regiones del norte hacia las áridas zonas del sur más densamente pobladas y que soportan la mayor parte de las actividades económicas del Estado.

Existen un par de factores que determinan el elevado nivel de consumo de agua en California. El primero de ellos es la percepción de los ciudadanos de la abundancia de agua, que se refleja en la masiva presencia de zonas verdes ajardinadas (tanto de gestión pública como privada) en una región de clima seco. La segunda es que el precio del agua no refleja el verdadero coste de los servicios de agua.

El consumo excesivo de agua no está siendo cuestionado en California. Desde una perspectiva económica, el agua es un recurso abundante no regulado con elevados subsidios. Apenas existen limitaciones o regulaciones para el uso del agua en la agricultura. En este contexto la aplicación de mecanismos de mercado e intercambio de derechos de agua por sí solo, aparentemente, no podrían ser la solución. Por ello lo que sí se esta contemplando es un paquete de medidas que incluya nuevas fuentes de agua no convencionales y medidas de gestión de demanda como una al-

ternativa válida para afrontar las situaciones de sequía y escasez del futuro.

Las condiciones de cada cuenca hidrográfica son diferentes, no existe una solución única para todas, pero existen alternativas y soluciones adaptables que necesitan ser revisadas en función de cambios de parámetros relacionados con el cambio climático, la hidrología y otras circunstancias. A través de una gestión basada en una evaluación permanente de las alternativas y los resultados pueden alcanzarse soluciones y llegar a acuerdos satisfactorios como respuesta a las prioridades más inmediatas.

Las transacciones de agua necesitan ser vistas más como una herramienta de gestión pública del agua que como un objetivo. En todo proceso de reasignación de agua siempre hay ganadores y perdedores: el principal problema es quién intenta los derechos de uso del agua. Una solución satisfactoria a los conflictos sobre el agua sería la de analizar alternativas y proporcionar los incentivos adecuados para que no existan perdedores en la reasignación de agua.

El marco legal es muy variado, desde países donde los derechos de uso de agua no están regulados hasta otros en los que hay derechos de muy diferente tipo o incluso solo contratos de servicios. Estos sistemas pueden ser más o menos sofisticados dependiendo del contexto institucional y la escala en que operan. En todo caso la escasez de agua y la incertidumbre sobre los recursos requieren de rápidas respuestas; con reglas más flexibles y dinámicas que permitan adaptarse a las condiciones. La posibilidad de gestionar los riesgos a través de mecanismos de prevención, de contratos de opción o de seguros podría ayudar a superar los desafíos que se avecinan.

#### **b) Evaluación de la experiencia y necesidad de mejoras en el funcionamiento de las transacciones del agua**

Hay experiencia de transacciones de agua en varios países del mundo que se han desarrollado

diferentemente de acuerdo con el contexto económico, institucional y de disponibilidad de agua. La experiencia muestra que aunque las transacciones no son una panacea para la solución de los problemas de agua necesitan ser consideradas como parte de la gestión integrada del agua. Las transacciones son un instrumento, no un fin, de la gestión pública del agua. De hecho en muchos casos solo se han reasignado cantidades marginales de agua, pero a pesar de ello han jugado un papel importante.

Hay casos de reasignación de agua a través de acuerdos voluntarios con compensación económica en la India, Australia, Estados Unidos, Chile, Canadá y España. No hay consenso, sin embargo, de si en el caso de la gestión del agua existen las condiciones de transparencia y competencia perfecta que permita designarlas como mercados de agua.

Las transacciones y mercados informales son y han sido durante mucho tiempo una realidad en muchos países a escala local (India, España). La experiencia demuestra, sin embargo, que es necesario regular su funcionamiento de una manera clara para asegurar que se cumplen la legislación ambiental y controlar a los intermediarios.

En las transacciones formales de agua el papel regulador del gobierno varía desde la intervención y participación directa a través de bancos públicos de agua a la regulación pública de “brokers” privados. Las transacciones de agua son desaconsejables en los contextos institucionales con poca intervención pública debido a los impactos sociales y ambientales que se pueden producir.

La experiencia de transacciones en diversos países del mundo muestra que la reasignación que da lugar a un uso más eficiente. De hecho hay ejemplos de claros impactos económicos positivos, incluso entre usuarios agrarios en Australia y California.

La experiencia también muestra que hay diferentes mecanismos para que las transacciones puedan servir para contribuir a mejorar los caudales ambientales y mejorar el bienestar social. Para ello

es necesario un contexto legal adecuado que lo facilite, aunque hay debate sobre si los usos ambientales deben considerarse como un “uso” más al que se debe asignar unas cantidades de agua, o si debe ser más bien un objetivo prioritario que debe ser respetado cuando se hacen concesiones a usos privados de agua.

Hay debate sobre los efectos ambientales negativos de las transacciones en países como Australia y aunque hay algunos resultados positivos: mejoras en la recuperación total de costes, impuestos dedicados al medio ambiente; se dan también casos en los que los regantes destacan que el agua para los objetivos ambientales no debe ser utilizada para campos de golf y parques de atracciones. En todo caso en Australia se está intentando mejorar en la relación entre los usos no productivos y productivos del agua.

La evidencia sobre los efectos sociales de los intercambios varía. El caso de Chile muestra que si las operaciones de mercados de agua no están reguladas los mercados pueden mejorar la eficiencia de los usos productivos de agua, pero tienen impactos negativos en la reducción de la pobreza y efectos ambientales. De hecho, no está claro si las compensaciones que reciben los que ceden el agua son suficientes para tratar los efectos más amplios de las transacciones. Puede que la consideración de tales efectos sea una forma de “ganar tiempo” en la adaptación a los cambios estructurales (cambio climático).

Hay también nuevos debates sobre la necesidad de ir más allá de las políticas reguladoras y de control en la política de calidad de las aguas e incorporar incentivos económicos y la posibilidad de transacciones de autorizaciones de emisiones (de hecho o de derecho). Para que estos mecanismos sean efectivos hay que tener objetivos claros de calidad en las masas de agua, autorizaciones y un sistema de control de la contaminación. Para que sean aplicables hay que tener conocimiento del coste de reducción de la contaminación para cada uno de los usos. El reto no es tanto para la con-

taminación puntual, sino para la contaminación difusa; por lo que hay que plantearse la combinación de concentraciones y cargas contaminantes.

### **c) Evaluación de las transacciones de agua en España**

Hay algunas conclusiones y recomendaciones importantes que se derivan de la experiencia de transacciones que han tenido lugar en España en los últimos años. Está claro que el cambio climático y los cambios globales que están teniendo lugar han de incorporarse de manera más clara y transparente en la planificación y en la gestión teniendo en cuenta la información sobre costes, beneficios y productividad de agua para los diferentes usos productivos y para los ecosistemas acuáticos.

Las transacciones de agua amparadas por la legislación actual no pueden denominarse mercados de agua porque difieren en muchos aspectos de lo que formalmente es un mercado. La experiencia sigue siendo muy limitada, pero ha sido significativa. En todo caso para asegurar que se utiliza adecuadamente este instrumento sería necesario hacer modificaciones en la Ley de Aguas de manera que se establezca un procedimiento sencillo y transparente. Los centros de intercambio pueden ser más convenientes que los contratos de cesión de agua, si bien los primeros concitan mayor apoyo por parte de los analistas por su liderazgo público.

Las transacciones deben ser vistas como un instrumento más de gestión del agua. Un instrumento que permite incorporar incentivos para un uso económicamente más racional y eficiente del agua – que es muy necesario en España- y para contribuir a los objetivos ambientales y sociales de las políticas públicas. La Directiva Marco del Agua no permite un deterioro adicional de la calidad ecológica de las masas de agua y en este sentido algunos de los modelos de transacciones como los contratos de opción pueden servir para asegurar el cumplimiento del principio de no deterioro en tiempos de sequía. Para ello sería necesario introducir algunas modificaciones del marco institucional.

Hay algunas cuestiones abiertas sobre si otros sistemas de reasignación del agua presentes en la Ley deben ser reforzados; sobre si se deben fijar precios máximos; sobre si se debe aceptar que se hagan compras de tierra – y de las concesiones de agua asociadas- para permitir utilizar el agua en otra localización o cuenca o para un uso diferente; si hay diferencias importantes entre transacciones locales en una misma cuenca o entre cuencas que hay que considerar; si los criterios de prioridad previstos en la Ley y los planes deben ser revisados.

El debate generado tenerse en cuenta para mejorar la regulación del mercado de manera que goce de amplia aceptación por parte de usuarios, funcionarios públicos y analistas. La opinión general no es la de suprimir las figuras de transacciones e intercambios de usos de agua, pero sí una revisión legislativa para que tales figuras cumplan funciones sociales y ambientales además de las económicas.

## **3.3 RECOMENDACIONES**

### **a) Los retos del nuevo contexto: cambio climático, aumento de las demandas y los cambios necesarios en las políticas y organizaciones de agua**

Sequías y escasez de agua, escenarios futuros y reformas institucionales

- El cambio climático incrementará el consumo *per capita* de agua y sus efectos dependerán de la magnitud de los cambios en la oferta y en la demanda.
- La incidencia y los resultados de los futuros conflictos por el agua: con el fin de abordar las disputas por el agua son necesarios tanto financiación internacional como esfuerzos políticos para fortalecer los mecanismos de resolución de conflictos.
- El incremento del estrés hídrico y las recientes sequías además de los desfavorables escenarios sobre cambio climático han provocado un aumento de la conciencia sobre

la necesidad de una planificación más efectiva ante la escasez de agua en el mundo.

- Las cuestiones de riesgo e incertidumbre son claves en la gestión del agua. Los escenarios de riesgo deben ser incluidos en la planificación hídrica.

- El cambio del clima requiere de innovación continua en los instrumentos de gestión, incluidos las transacciones de agua, para poder así desarrollar las herramientas y hacer frente a la progresiva incertidumbre.

Mejorar la eficiencia en la asignación del agua a través del intercambio de derechos de agua

- Los acuerdos voluntarios de intercambio de derechos a cambio de una compensación económica pueden ser útiles para mejorar la asignación del agua y responder a los nuevos retos del agua.

- Estas transacciones de agua pueden proveer de incentivos para alcanzar tanto un uso responsable del agua como la aplicación de medidas de ahorro retrasando o evitando la necesidad de nuevas infraestructuras.

- La eficiencia en la asignación por sí misma no es el único objetivo de la política del agua que debe atender otros aspectos como: la preservación de las actividades rurales y los servicios ambientales proporcionados por ellas, garantizar el empleo y la renta en las actividades rurales, etc. Bajo ciertas circunstancias, la transacción voluntaria de los derechos de agua es una fuente de la información relevante en el diseño de política pública.

- Los mercados de agua podrían ser un instrumento para gestionar períodos de sequía y situaciones de escasez. Los intercambios de agua pueden contribuir a una asignación eficiente tanto del agua como del riesgo.

## **b) Opciones de mercado y reformas legales e institucionales necesarias**

Selección de opciones de instrumentos de mercado

- La conveniencia de cada tipo de opción de mercado depende de circunstancias locales, de los escenarios de incertidumbre y del contexto regulador. Las opciones seleccionadas tienen que considerar prioridades sobre criterios de asignación, la demanda del agua de diferentes usuarios y su localización, así como la existencia de las infraestructuras adecuadas para su transporte.

- Cuando los objetivos perseguidos están ligados a cambios estructurales –sobre-explotación de acuíferos, recuperación de caudales ambientales, crecimiento de nuevas actividades locales– el intercambio permanente de derechos a través de la recuperación de derechos de uso de agua –incluyendo la adquisición de suelo– es más apropiado.

- Si el propósito es reducir el riesgo a través de la estabilización del abastecimiento de agua, se puede alcanzar de mejor manera a través de transacciones que conlleven cesión de derechos de uso de agua anuales.

- Los bancos de agua son más eficaces y seguros no sólo porque mejoran la asignación del agua, sino porque también proporcionan a la autoridad pública respuestas tácticas más eficientes para hacer frente a la incertidumbre del suministro de agua. El éxito de los bancos del agua depende de la integración del agua que se negocia con una adecuada gestión ambiental, y con gestión de la oferta y la demanda; y debe además integrar en su estrategia la planificación del agua a escala de cuenca.

- Los contratos de opción a medio y largo plazo permiten que las autoridades de agua urbana puedan mejorar los niveles de garantía por tener acceso a agua adicional durante períodos de la escasez, evitando altos costes de transacción e infraestructuras necesarias para asegurar la disponibilidad de agua en tiempos críticos.

Marco jurídico e institucional para facilitar la reasignación a través de acuerdos voluntarios

- Para que un intercambio de agua tenga lugar es necesario contar con un sistema institucional y jurídico que tenga en cuenta la naturaleza compleja del agua. Este marco legal debe incluir los escenarios de incertidumbre y riesgo. El contexto económico y cultural también debe ser apropiado para el desarrollo de mercados de agua. Los factores sociales son un elemento esencial en el desarrollo de cualquier instrumento político.
- Es necesario desarrollar reformas legales para mejorar las transacciones de agua, promover la eficiencia económica y establecer los adecuados caudales ambientales, así como gestionar mejor los riesgos de suministro y reducir los impactos ambientales a corto y medio plazo. Esta reforma global puede implicar cambios en la planificación hidrológica que garanticen el agua necesaria para el medio ambiente y otros beneficios públicos y definan la cantidad de agua disponible para la extracción y los usos consuntivos.

Mejora de la transparencia y flexibilidad de las transacciones de agua a través de la reforma de los derechos sobre el agua

- Los derechos de uso del agua deben estar bien definidos para facilitar las transacciones de agua. La consideración de derechos para su participación en el mercado debe hacerse sobre aspectos reales y no únicamente sobre elementos legales.
- Es necesario un registro eficiente de la propiedad de los derechos de uso del agua y de los acuerdos de intercambio, que sea transparente y fácilmente accesible a todos a un coste asequible y con el pleno respaldo de la ley.
- Con el fin de alcanzar el objetivo de compartir los riesgos de manera eficiente debe introducirse una nueva concepción de los derechos de uso del agua. Los derechos sobre el agua o las autorizaciones y con-

cesiones deben estar definidos de manera desagregada. La desagregación de derechos permite transferir atributos específicos como es la garantía de agua.

- Las transacciones de agua reguladas de forma estable y adaptadas a cada contexto pueden servir para aumentar la garantía de agua y hacer los servicios de agua menos vulnerables. Tanto los efectos sobre terceros como las externalidades ambientales se pueden incorporar en los contratos de manera específica.

Mercados como instrumento para hacer frente a riesgos e incertidumbre

- Los mercados del agua pueden ser una herramienta útil para gestionar el riesgo en un contexto de incertidumbre.
- Es importante desarrollar mecanismos más sofisticados para poder ponderar riesgo e incertidumbre: las transacciones de opción, los futuros y los contratos condicionales son los principales nuevos mecanismos para mejorar la asignación y distribución del riesgo a compartir entre compradores y vendedores.
- La mejora en la asignación estacional del agua a través del intercambio de derechos debe realizarse mediante contratos a largo plazo seguros y bien definidos. De esta forma los intercambios son más flexibles y robustos respondiendo a la incertidumbre. Los efectos a terceras partes y las externalidades ambientales pueden ser incorporadas en los contratos de forma concreta.

### c) Evaluación de la experiencia y propuestas de mejora en el funcionamiento de las transacciones de agua

Papel del sector público en la regulación de las transacciones de agua

- La intervención del gobierno es necesaria para garantizar los servicios de agua y evitar las prácticas monopolísticas.
- Las experiencias recientes de transacciones a corto plazo de derechos de uso del

agua muestran la necesidad de regular y supervisar las operaciones por parte de los poderes públicos incluyendo el establecimiento de reglas formales para la ejecución de las transacciones.

- Es necesario establecer varias rutas de seguimiento para revisar las transacciones solicitadas, considerando sus efectos a terceras partes, externalidades, etc. Un informe de evaluación anual sobre las previsiones de los efectos de las transacciones y un seguimiento posterior a las transacciones para verificar de los impactos finales son aspectos que deberían considerarse.

- Las normas del intercambio no sólo han de tener en cuenta las cuestiones relativas a las compensaciones, sino también las prioridades del uso del agua, el riesgo asumido y la mejora del bienestar general.

- Para evitar la especulación en los precios de las transacciones, las transacciones de agua deben desarrollar instrumentos que garanticen la transparencia e información a todos los posibles interesados en participar en el intercambio.

- El logro de buenos resultados en las transacciones de agua exige sinergias con otros instrumentos económicos como la tarificación de los servicios de agua.

- Conseguir agua para los objetivos ambientales - proteger los caudales ambientales o recuperar el nivel de los acuíferos - a través de las transacciones, debe ser determinado por el gobierno mediante planificación y reglamentación.

- Es necesario un proceso de planificación hidrológica suficientemente sólido para garantizar los beneficios medioambientales y otros tipos de beneficios públicos en las transacciones. Las autoridades de cuenca también tienen un papel importante en la supervisión y evaluación de los efectos de las transacciones para evitar efectos no deseados. Los intercambios de agua deben tener en cuenta los intereses locales.

- La puesta en marcha de transacciones requiere medios humanos y de control adecuados y mecanismos para controlar las transacciones y evitar asignaciones ilegales. Preservar los caudales ambientales

- La preservación del régimen de caudales ambientales necesita más garantía que otros usos y las transacciones deben considerar esta premisa.

- Los gobiernos no deberán asignar más derechos de agua que la capacidad del sistema teniendo en cuenta los fines ambientales. Para controlar el volumen efectivamente transferido es preciso la instalación de contadores y el establecimiento de un sistema de derechos basado en volúmenes y no en superficie.

Tratamiento de los aspectos sociales y de equidad

- El mercado, si está insuficientemente regulado, puede causar efectos sociales indeseables en las zonas cedentes, lo que es más preocupante en zonas desfavorecidas donde las oportunidades de empleo son menores.

- Los aspectos sociales deberán ser tratados en las compensaciones establecidas.

Mejora de la transparencia y el acceso a los mercados

- Las transferencias de agua son más efectivas cuando la información sobre las oportunidades de transacciones y los precios pagados están disponibles para todos los participantes en el momento adecuado. El proceso de transferencia debe ser abierto y los contratos de acceso público.

- La participación ciudadana durante todo el proceso asegura equidad y transparencia. Esto podría incluir acceso libre a la información a través de un registro público que contenga todas las transacciones realizadas y sus informes de seguimiento.

Análisis del valor del agua de los distintos usos y el precio de las operaciones

- El precio de las transacciones depende del poder relativo de las partes afectadas y de la intervención de los responsables públicos de gestión del agua, de la localización, del momento y del uso de la transacción realizada.

- El precio de la transacción debe considerar el coste de oportunidad del agua y el coste de los servicios que conlleva la transacción como son los costes de seguimiento y de las infraestructuras de transporte.

- El regulador público deberá realizar estudios sobre el valor del agua para los distintos usos y el coste real de la transacción.

- La intervención pública es fundamental para evitar los precios monopolísticos, la activación de derechos no usados anteriormente y para promover una asignación estacional rápida con bajos costes de transacción. El buen funcionamiento requiere sinergias con otros instrumentos económicos como es la tarificación de los servicios del agua.

Mejora de la calidad del agua a través de las transacciones de agua

- Los intercambios de agua pueden ser también un instrumento para mejorar la calidad del agua. Los intercambios de calidad deberían implicar importantes reducciones de la contaminación y fomentar la innovación. Los instrumentos de intercambio de la calidad del agua ofrecen un modo de establecer derechos sobre el agua más sólidos.

- El desarrollo de instrumentos eficientes se beneficiará de las reformas previas que establezcan claramente los objetivos de calidad de las aguas. Una política eficaz de intercambios de calidad de agua debe incluir estrictos objetivos de calidad y límites de emisión o de cargas contaminantes.

- Una de las limitaciones más importantes para los intercambios de calidad de agua no es de naturaleza reguladora, sino cultural. Los responsables de políticas pú-

blicas y los planificadores necesitan establecer programas en un período transitorio y asegurar que los principales compradores y vendedores potenciales estén involucrados.

#### **d) Mejora de las transacciones de agua en España**

- Las transacciones de agua en España han sido útiles para responder a situaciones críticas de escasez durante el último período de sequía, aunque el volumen de agua negociado ha sido marginal con respecto al agua total usada.

- La importancia de las transacciones va más allá de los volúmenes que han sido objeto de transacción. Han sido cruciales para garantizar el suministro de agua en áreas urbanas y para actividades agrícolas de alto valor.

- La planificación y la gestión del agua deben considerar el potencial de las transacciones e incluirlo dentro del proceso de planificación como medida para gestionar y asignar recursos durante períodos de escasez en el medio y largo plazo, para asegurar el abastecimiento de agua a los usuarios según objetivos socioeconómicos, y para la reducción de presiones al medioambiente.

- Las transacciones de agua inter e intra cuenca deberían ser reguladas de manera diferente.

- Es necesario aumentar la transparencia de los costes del servicio –especialmente de las infraestructuras que se utilicen– y de las decisiones de cesión con el objeto de evitar movimientos especulativos y asegurar que los costes relacionados con las infraestructuras de transporte son pagados por los que ceden el agua.

- Es importante revisar los criterios para establecer los precios de las transacciones y las cantidades cedidas en relación con los derechos de agua existentes.

- Los intercambios realizados han generado cargas administrativas, lo cual arroja

dudas sobre la eficiencia económica global de los pequeños volúmenes realmente intercambiados. Por tanto es preciso instituir procedimientos de validación, lo cual implica mayor inversión en I+D y en seguimiento.

- A menos que las transferencias generen mercados más amplios, siempre existirán dudas sobre su aportación a la economía y al medio ambiente.

### e) Financiación de los servicios de agua en países emergentes

El Precio de los servicios de suministro de agua

- Como en todos los monopolios de servicios de infraestructura, el precio de los servicios es el tema central de la regulación gubernamental porque en los monopolios no regulados es posible establecer precios por encima de su coste medio.

- En algunos casos, los servicios de agua potable y saneamiento presentan economías de escala (rendimientos crecientes) y en otros des-economías del escala - debido al uso de fuentes no convencionales (desalación, reutilización de aguas, reducciones de pérdidas en la red), en cualquier caso será necesario introducir una tarificación de los servicios del agua que cubran los costes de suministro.

- En muchos países las prácticas de precios no permiten la recuperación de costes de los servicios de agua. En buena medida esto se debe a la preocupación por asegurar que los servicios se presten sean asequibles.

- Para asegurar los suficientes ingresos para que los operadores puedan ofrecer los servicios adecuados y a un precio asequible es conveniente establecer un sistema tarifario de bloques y una tarificación basada en costes marginales en los bloques superiores. Ello permitirá que los consumidores de menores rentas con menos consumo de agua -consumos básicos- puedan pagar precios por debajo de los costes marginales y medios protegiendo la viabilidad financiera de la gestión del servicio.

La necesidad de incrementar la eficiencia como fuente de financiación

- Una de las maneras más importantes de incrementar la disponibilidad del agua es reduciendo ineficiencias. Los recursos invertidos en eliminar ineficiencias técnicas -tales como las pérdidas de agua- y mejorar el rendimiento energético y la conservación del agua son normalmente muy provechosos reduciendo la necesidad de nuevas inversiones.

- Eliminar las ineficiencias del sector mediante la mejora de la gestión institucional que afecta al suministro de agua puede atraer recursos financieros o hacer que la dependencia de ellos sea menor. La regulación eficaz, las responsabilidades fiscales bien definidas, las relaciones entre los gobiernos nacionales y locales, el respeto de la ley y los mecanismos eficientes para la resolución de conflictos, entre otras, son condiciones necesarias para facilitar el flujo de recursos financieros al sector.

- Un análisis cuidadoso de los incentivos reales y aparentes de las instituciones públicas y privadas implicadas en el sector pueden abrir fuentes potenciales de mejora de eficiencia financiera.

- Unos objetivos ajustados (en términos de población abastecida con diferentes niveles de suministro) es una variable política clave para asegurar la sostenibilidad del sector.

La financiación de las inversiones en infraestructuras de agua

- La planificación cuidadosa de las necesidades de servicio y su adaptación a la capacidad fiscal y financiera de los participantes es la primera medida que debe ser llevada a cabo.

- Los recursos financieros vendrán de usuarios, de los contribuyentes y de los donantes públicos y privados. Los periodos del tiempo que trascurren entre el momento en que se genera la necesidad de financiación y la disponibilidad de recursos financieros

tendrán que ser financiados por el gobierno con recursos propios y préstamos del sector privado. Dadas las grandes necesidades y las características sociales del sector, se deben explorar y gestionar todas las fuentes efectiva y eficientemente.

- Las donaciones, muchas veces bajo la forma de recursos a fondo perdido, se deben utilizar de manera que su rentabilidad tenga un impacto máximo. Las donaciones, al reducir el riesgo financiero, facilitan la inyección de recursos privados.

- La financiación pública debe utilizarse para la provisión de bienes públicos y la consecución de los objetivos de políticas públicas (como el acceso seguro al agua a todos aquellos que no lo tienen) y no debe servir para subsidiar bienes privados.

#### Diseño de estructuras de financiación

- La estructuración adecuada de financiación puede ayudar a aumentar los recursos financieros y a crear estructuras de inversión más robustas y eficientes que requieran posteriormente de pocas modificaciones. La distribución relativa de las res-

ponsabilidades entre el público y el sector privado se debe adaptar a las condiciones locales y especialmente al clima financiero.

La disminución de riesgo para atraer recursos financieros

- El desarrollo de mercados locales de capital y financieros es fundamental para la consecución de los Objetivos del Milenio. En particular, el desarrollo de las compañías de seguros, inversores institucionales e instituciones que puedan proporcionar financiación a largo plazo y garantizar el riesgo. Mientras estas instituciones se estén desarrollando puede ser necesarios recursos de instituciones fuera del país. Esto requerirá estabilidad macroeconómica y la minimización del riesgo político.

- No hay soluciones simples. Las inversiones tendrán que ser estructuradas para reducir al mínimo la exposición a riesgos, y cualquier riesgo remanente tendrá que ser examinado de manera detallada para buscar soluciones, incluidas el acceso a recursos y garantías de instituciones multilaterales y donantes para prevenir y mitigar los riesgos.

# ESCENARIOS FUTUROS: LOS EFECTOS DEL CAMBIO CLIMÁTICO Y LA SEQUÍA SOBRE LOS CONFLICTOS Y LA GESTIÓN TRANSFRONTERIZA DEL AGUA

Kerstin Stahl

## RESUMEN:

Los escenarios climáticos futuros predicen un incremento general de la variabilidad temporal de las condiciones hidroclimáticas. Con el aumento simultáneo de la demanda de agua, es probable que las redes hídricas sean menos fiables y más vulnerables a episodios extremos como la sequía. Esta ponencia analiza cuáles pueden ser los efectos de la variabilidad hidroclimática y de la sequía para la hidropolítica de los ríos transfronterizos y plantea el reto de la gestión integrada de las cuencas hidrográficas internacionales. Estos análisis están basados en informaciones sobre conflictos y cooperación en cuencas hidrográficas internacionales extraídas de la «base de datos de disputas transfronterizas por el agua» (Transboundary Freshwater Dispute Database) de la Universidad del Estado de Oregón, así como en las variables hidroclimáticas de las distintas cuencas. Los informes indican que la sequía es uno de los episodios hidrológicos que más influencia tienen en la hidropolítica mundial. Un modelo de clasificación de los riesgos de conflicto confirma la

gran relevancia que tienen las condiciones hidroclimáticas –especialmente su variabilidad– como factores potenciales de conflicto. Aunque los modelos climáticos e hidrológicos globales todavía no generan predicciones fiables de variación de los episodios de sequía, los escenarios climáticos indican con carácter general que el estrés hídrico aumentará en muchas de las cuencas donde ya se han producido conflictos. La probabilidad de que se agrave la moderada escasez de agua de muchas cuencas situadas en regiones en fase de transición climática pone de relieve la urgente necesidad de alcanzar acuerdos estables de reparto de caudales de los ríos transfronterizos. Resulta difícil formular tales acuerdos cuando ya no es posible basar la gestión de los recursos hídricos en premisas inmutables para predecir la disponibilidad de agua y cuando existe una gran incertidumbre sobre la demanda hídrica futura.

## PALABRAS CLAVE:

Cambio climático, sequía, ríos transfronterizos, conflicto y cooperación.

# INFLUENCIA DE LOS INCENTIVOS Y LOS DERECHOS DE PROPIEDAD SOBRE LA DEMANDA HÍDRICA Y LOS CONFLICTOS POR EL AGUA EN EL FUTURO

Dannele E. Peck y Richard M. Adams

## RESUMEN:

Esta ponencia trata de la influencia del cambio climático sobre la demanda hídrica futura y del papel de los derechos de propiedad en la solución de los futuros conflictos por el agua. Se cree que el cambio climático afectará a la disponibilidad de agua debido a los cambios en la cantidad, variabilidad, periodicidad, intensidad y forma de las precipitaciones. Este nuevo entorno climático influirá en las decisiones que afecten a la demanda hídrica y los conflictos relacionados. El cambio climático también afectará a los incentivos que tengan los países para entablar relaciones de cooperación sobre recursos hídricos compartidos. La capacidad de las instituciones del mercado para prevenir y

resolver futuros conflictos dependerá del régimen de reparto, aplicación y comercio de los derechos de propiedad sobre los recursos hídricos. Se exponen los pros y contras de algunos regímenes alternativos de derechos de propiedad y se explican las dificultades que conlleva la definición y asignación eficiente de los derechos de propiedad privada sobre el agua.

## PALABRAS CLAVE:

Incentivos, respuesta humana, demanda, derechos de propiedad.

# GESTIÓN DEL ESTRÉS HÍDRICO, LA SEQUÍA Y EL CAMBIO CLIMÁTICO EN EL SIGLO XXI

Cody L. Knutson

## RESUMEN:

La escasez crónica de agua es un problema común en todo el mundo que se agravará en muchas zonas durante el siglo XXI. La sequía magnifica este problema porque ejerce presión adicional sobre las redes de abastecimiento y el cambio climático añade incertidumbre sobre la disponibilidad y fiabilidad de los recursos hídricos de cara al futuro. Para hacer frente a los problemas del estrés hídrico, la sequía y el cambio climático, tan relacionados entre sí, será preciso combinar la acción local con la dirección nacional y la coordinación regional y global. También hay lugar para la inversión privada, así como para la supervisión y financiación pública. Además, es necesario alcanzar un equilibrio entre la autonomía local y los criterios generales

para respetar derechos humanos básicos. Fomentar una mayor coordinación entre las actividades e iniciativas de planificación a diferentes niveles administrativos, determinar y aplicar estrategias alternativas de gestión de riesgos, y encontrar la financiación y la voluntad política necesarias para llevar a cabo estas actividades son elementos críticos para reducir los riesgos generados por el estrés hídrico, la sequía y el cambio climático.

## PALABRAS CLAVE:

Estrés hídrico, sequía, cambio climático, reducción de riesgos.

# ESCASEZ Y COMPETENCIA: LAS INSTITUCIONES Y EL RETO DE PROMOVER LA COOPERACIÓN Y PREVENIR Y RESOLVER CONFLICTOS

Rathinasamy Maria Saleth

## RESUMEN:

Cuando el agua es cada vez más escasa, resulta cada vez más importante comprender y gestionar la dinámica de la interacción entre agua y sociedad para resolver los conflictos y promover la cooperación a distintas escalas territoriales y sectoriales. En este contexto, las instituciones—entendidas como sistema definido por la interacción de las leyes, las políticas y las organizaciones—desempeñan un papel fundamental para resolver conflictos y promover la cooperación en el reparto y gestión de los recursos hídricos. Aunque existe una extensa bibliografía sobre este tema, todavía quedan algunas cuestiones clave que requieren mejor tratamiento y comprensión. Por ejemplo, mientras el debate se centra en cómo actúan las instituciones para minimizar los conflictos y promover la cooperación, no se trata debidamente la cuestión de los posibles cambios institucionales que pueden producirse a través de los conflictos y

del consenso o el papel que desempeñan las partes interesadas y otros grupos de interés en dicho proceso de cambio institucional. También es necesario un mayor conocimiento empírico de las relaciones que se establecen entre la escasez del agua, los derechos sobre el agua, los mecanismos de resolución de conflictos y el desempeño institucional. Esta ponencia trata de arrojar cierta luz sobre estos dos aspectos utilizando un modelo del proceso de cambio institucional desde el punto de vista de las partes interesadas y los datos obtenidos de una encuesta internacional de 127 expertos en la cuestión del agua procedentes de 43 países y regiones de todo el mundo.

## PALABRAS CLAVE:

Análisis empírico, mecanismos de resolución de conflictos, modelo de cambio institucional, papel de las partes interesadas, derechos sobre el agua.

# CONFLICTOS SOBRE RECURSOS HÍDRICOS TRANSFRONTERIZOS<sup>11</sup>

Jerome Delli Priscoli

## RESUMEN:

Evidencia empírica de la importancia de los valores y las instituciones para gestionar los conflictos sobre recursos hídricos. Esta conclusión confirma la reconocida necesidad de vincular valores e instituciones como forma de comprender todo tipo de políticas sociales. Se profundiza en estas conclusiones analizando el papel de los valores y las instituciones en la gestión de los recursos hídricos de las cuencas hidrográficas. La ponencia examina primero diversos medios para gestionar

los conflictos por recursos hídricos (denominados procesos y herramientas). A continuación estudia la finalidad de estas herramientas (la creación de organismos de cuenca más eficaces). En concreto, la ponencia trata de la preocupación histórica por la gestión de las cuencas hidrográficas, de cómo se entrelazan los valores y las instituciones en dicha gestión, de los medios o herramientas y técnicas que pueden utilizarse y ofrece algunos ejemplos de organismos de cuenca en ríos transfronterizos y algunas conclusiones relativas a las tres cuestiones principales planteadas para la sesión.

<sup>11</sup> Versión modificada del texto del capítulo 2 del libro «Managing and Transforming Water Conflicts» (Gestión y transformación de conflictos hídricos), Jerome Delli Priscoli y Aaron T. Wolf, CAMBRIDGE UNIVERSITY PRESS, Cambridge, Nueva York, Melbourne, Madrid, Ciudad del Cabo, Singapur, São Paulo, Delhi Cambridge University Press, 32 Avenue of the Americas, New York, NY 10013-2473, Estados Unidos; prevista su publicación para otoño de 2008.

# LAS PROFECÍAS SOBRE LAS GUERRAS DEL AGUA

Munther J. Haddadin

## RESUMEN:

Las voces que profetizaban guerras por el agua surgieron tras una serie de dos seminarios sobre el agua en Oriente Próximo organizados en 1986 por el Centro de Estudios Estratégicos e Internacionales e incorporados posteriormente a la Universidad de Georgetown. A pesar de que se le aconsejó no hacerlo, la Presidenta de los seminarios declaró que «el agua, no el petróleo, será la causa de la próxima guerra en Oriente Próximo». Después publicó muchos artículos sobre el tema en famosos periódicos estadounidenses. Los acontecimientos demostraron que estaba equivocada: la guerra que estalló tras su anuncio fue la invasión iraquí de Kuwait en 1990 y no fue a causa del agua. La guerra que vino después fue la Tormenta del Desierto en 1991 para liberar Kuwait de la ocupación iraquí, y tampoco fue a causa del agua. La

siguiente guerra fue entre Palestina e Israel (desde 1999 hasta la fecha) y no cabe duda de que la razón no fue un conflicto por el agua. A continuación llegó la ocupación de Iraq en 2003, y la razón no fue que Estados Unidos quisiera hacerse con las aguas del Tigris o el Eufrates. En 2006 estalló la guerra entre Israel y Hizbullah, y tampoco fue a causa del agua. De hecho, el agua se utiliza —por su propia naturaleza— para extinguir incendios, nunca para provocarlos. Pero los incendios por el petróleo son naturales. Lo que es extraño es que la profecía de las guerras por el agua limita su estallido únicamente en Oriente Próximo. Nunca hemos oído hablar de una guerra por el Río Grande entre Estados Unidos y México, ni de una guerra por los Grandes Lagos entre Estados Unidos y Canadá. Hemos asistido a tres guerras entre India y Pakistán durante el siglo pasado, pero las estructuras hídricas nunca fueron objetivos.

# NUEVAS FRONTERAS PARA LA GESTIÓN DEL AGUA: LA EXPERIENCIA CALIFORNIANA

Ellen Hanak

## RESUMEN:

En regiones de Estados Unidos cada vez más amplias, los responsables de la gestión hídrica tienen dificultades para movilizar nuevos suministros hídricos para satisfacer las nuevas demandas. Las consideraciones ambientales han frenado la extensión de nuevos grandes proyectos de almacenamiento en superficie y la sobreexplotación de las cuencas limita el potencial de los acuíferos como fuente de expansión. A partir de la experiencia de California, esta ponencia analiza los modernos sistemas de planificación hidrológica, con especial hincapié en una cartera de opciones entre las que se encuentran fuentes no tradicionales (reciclado y almacenamiento subterráneo) y un aprovechamiento más eficiente del suministro existente (ahorro y mercado de agua). Además, explica los pros y los contras de las opciones que integran la cartera y ofrece ejemplos de sistemas innovadores de planificación.

California ha realizado avances considerables en la expansión de las fuentes no tradicionales,

especialmente desde principios de la década de 1990, cuando una pertinaz sequía y una serie de normas ambientales limitaron las fuentes de abastecimiento tradicionales. Muchos de los problemas actuales son de carácter institucional, más que técnico. En el ámbito de los mercados de agua, hace falta seguir avanzando para resolver problemas de terceros en las regiones de origen. En lo que respecta al almacenamiento subterráneo, es imprescindible seguir desarrollando protocolos de gestión de los acuíferos. Para ahorrar más agua en las ciudades será necesario utilizar de forma más agresiva los niveles de tarificación según consumo y cambiar la percepción del público en relación con el paisajismo. Cambiar la percepción del público también es un factor clave para aumentar la utilización de aguas residuales recicladas.

## PALABRAS CLAVE:

Política hídrica, abastecimiento de agua, ahorro de agua, trasvases entre cuencas, gestión de acuíferos.

# LOS MERCADOS DE AGUA Y LOS CAUDALES ECOLÓGICOS EN LA TEORÍA Y EN LA PRÁCTICA

David Katz

## RESUMEN:

Cada vez es más habitual reservar agua para cumplir objetivos ambientales. En la práctica, a menudo sólo se requieren unos caudales mínimos. Esto raramente resulta óptimo desde el punto de vista económico o ecológico. Los mercados de agua ofrecen la oportunidad de ir más allá de los caudales mínimos y de realizar un reparto eficiente con una mínima oposición política. En el oeste de Estados Unidos y en Australia ya se utiliza el régimen de mercado para destinar agua a fines ecológicos. Sin embargo, la experiencia demuestra que los usos ambientales tienen problemas para competir con otros consumidores. Esto es debido a su condición de bien público, a los elevados costes de transacción y, a menudo, a la falta de productos comercializables. Los gobiernos —los mayores compradores de agua para usos ambientales— suelen estar obligados por ley a comprar agua. En estas circunstancias, el mercado fun-

ciona más como mecanismo de compensación y cumplimiento de un mandato legal con el mínimo coste, que como instrumento de reparto económicamente eficiente. El medio ambiente también suele sufrir los efectos de las transferencias del mercado del agua entre otros consumidores. Algunos métodos para minimizar estas repercusiones para terceros son limitar el ámbito geográfico de las transacciones de agua, limitar el comercio únicamente al uso para consumo y dedicar una parte del agua de todas las transacciones a objetivos ecológicos. Estas restricciones reducen al mínimo los impactos ambientales, pero también limitan la capacidad del mercado para realizar un reparto eficiente.

## PALABRAS CLAVE:

Caudales ecológicos, mercados de agua, repercusiones para terceros, legislación y economía.

# LA EXPERIENCIA AUSTRALIANA EN EL REPARTO Y COMERCIO DE AGUA

Michael D. Young

## RESUMEN:

A principios de la década de 1990, los gobiernos australianos embarcaron al país en una importante reforma de la política hidrológica centrada en la creación de un sistema de gestión de los recursos hídricos mucho más competitivo y orientado al mercado. Esta comunicación trata de la creación de los mercados de agua e intenta resumir las principales conclusiones extraídas y los problemas para conseguir que funcionen de manera rentable.

# INTEGRACIÓN DEL AGUA EN EL CRECIMIENTO ECONÓMICO Y EL DESARROLLO SOCIAL

Miguel Solanes

## RESUMEN:

La mayoría de las discusiones sobre el agua tienden a ser sectoriales o referirse a sus usos. Pero en la integración del agua en la economía y la sociedad influyen cuestiones contextuales que van más allá del agua.

El contexto económico e institucional suele ser más relevante que las políticas hídricas concretas. En dicho contexto se incluyen, entre otras cosas, los aspectos macroeconómicos, las subvenciones, la gobernanza, la postura de la sociedad civil, la corrupción, el ámbito internacional, los acuerdos de inversión y los criterios generales para la toma de decisiones públicas. Un contexto desfavorable afecta a la eficiencia y equidad de las sociedades en su conjunto. Resulta difícil que el agua y los servicios hídricos alcancen niveles sostenibles de eficiencia y equidad en un contexto de ineficiencia y desigualdad generalizadas.

Además, existen instituciones hidrológicas específicas que se han demostrado relevantes, siempre que el contexto no sea contraproducente: entre otras, la organización administrativa del sector hídrico, los derechos sobre el agua y los mercados de agua. Las limitaciones de tiempo y espacio no permiten considerar otras cuestiones de gran relevancia, como los derechos de la población autóctona y el medio ambiente.

## PALABRAS CLAVE:

Macroeconomía, incentivos económicos, gobernanza, derechos sobre el agua, mercados de agua.

# EL MARCO INSTITUCIONAL PARA LOS DERECHOS DE EMISIÓN TRANSMISIBLES

Robert J. Rose

## RESUMEN:

Los derechos de emisión transmisibles son una herramienta de regulación muy conocida en los sistemas de comercio y límites máximos, como el régimen de comercio de derechos de emisión de gases de efecto invernadero. Los derechos de emisión transmisibles se utilizan sobre todo para mejorar la calidad del agua cuando el problema es la contaminación regional causada por varios agentes contaminantes. Una política eficaz debe incluir cuatro componentes: 1) una política agresiva de reducción de la contaminación a través de límites máximos; 2) la medición de las emisiones contaminantes; 3) una actuación firme y rápida para velar por el cumplimiento y 4) la retirada de las actuales políticas prescriptivas o de «mando y control». Los responsables políticos que se planteen implantar un régimen de derechos de emisión transmisibles deberán hacerse primero una pregunta y responderla con honradez: «¿será

una política agresivamente ecológica, con medición obligatoria de la contaminación y firme en la exigencia del cumplimiento?». Si la respuesta es no, entonces no deben optar por un régimen de este tipo. Si la respuesta es sí, deberán plantearse además el tipo de contaminantes que incluirá este régimen y cómo afectan a la calidad localizada del agua (es decir, los «puntos negros»). Si se aplican correctamente, los derechos de emisión transmisibles se traducen en que «quien contamina, paga» y es así para todos los agentes contaminantes implicados. La ventaja es que todos los agentes contaminantes —y, por lo tanto, la sociedad— pagan un precio total menor para conseguir el resultado ambiental deseado.

## PALABRAS CLAVE:

Derechos de emisión transmisibles, contaminación del agua, medición, sistema de comercio y límites máximos.

# LOS DERECHOS DE EMISIÓN TRANSMISIBLES EN LA GESTIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA

Drew Collins

## RESUMEN:

Los derechos de emisión transmisibles son una manera de aprovechar todas las ventajas que ofrece el comercio entre los agentes para quienes lo más importante es poder verter contaminantes a las aguas y aquellos que pueden proporcionar reducciones de los vertidos contaminantes al coste más bajo. Hasta la fecha, el mercado al que acuden la oferta y la demanda se ha dedicado principalmente al comercio de permisos de emisión transmisibles.

Sin embargo, con la creciente importancia de las emisiones de fuentes difusas, este tipo de comercio pierde relevancia. La razón es que los costes que conlleva la creación de la infraestructura de mercado necesaria para definir, asignar, negociar y aplicar los derechos de fuentes difusas son elevados. Esto ha propiciado el desarrollo de una más amplia gama de instrumentos de derechos

transmisibles con menores costes de transacción gracias a los cuales todavía es posible sacar el máximo partido al comercio.

En esta ponencia se revisan las experiencias de Australia en el comercio de calidad del agua, y más concretamente la sustitución del comercio de permisos punto a punto por estructuras de mercado alternativas que incorporan las fuentes difusas. En términos generales, los problemas derivados de los costes de transacción, la equivalencia ambiental y el predominio de las fuentes difusas resultan manejables. Más problemática es la cultura política y de regulación.

## PALABRAS CLAVE:

Comercio de calidad del agua, derechos de emisión transmisibles, comercio de fuentes difusas.

# EL COMERCIO DE CALIDAD DEL AGUA Y LA CONTAMINACIÓN DE LA AGRICULTURA: CONCLUSIONES DE UN PROYECTO DE INVESTIGACIÓN DE LA POLICY RESEARCH INITIATIVE

Bernard Cantin

## RESUMEN:

Esta ponencia se basa en los resultados de un proyecto de estudios de regulación dedicado a analizar el empleo de instrumentos económicos en la gestión de los recursos hídricos que finalizó en 2006. Más concretamente, nos concentramos en la utilización del comercio de calidad del agua (CCA) para frenar la contaminación proveniente de fuentes agrarias (véase el informe del proyecto en PRI 2006).

Para contestar a las preguntas que los organizadores han planteado a los ponentes, analizamos los siguientes temas: las consideraciones biogeoquímicas clave para diseñar sistemas de CCA; el contexto de regulación que permite (o no prohíbe) implantar un sistema de CCA; los requisitos administrativos; la aceptabilidad social de los regímenes de comercio.

De acuerdo con este análisis, creemos que el CCA es una posible solución para los problemas de la agricultura, pero que no es fácil de implantar y no se puede aplicar a todas las situaciones

y contextos. La concentración geográfica de la contaminación en las cuencas hidrográficas presenta problemas potenciales, y se han probado soluciones, pero puede ser demasiado pronto para evaluar su eficacia.

Los sistemas de CCA pueden adaptarse a las circunstancias (hidrográficas) regionales y, por lo tanto, pueden ser compatibles con las nuevas formas de gobernanza del agua. Sin embargo, la implantación de los sistemas de CCA puede encontrar resistencia, tanto de las partes interesadas como también de las administraciones públicas, que quizá hayan utilizado sobre todo procesos de regulación más tradicionales.

## PALABRAS CLAVE:

Gestión hídrica, comercio de contaminación, instrumentos económicos, contaminación de la agricultura, gestión integrada de recursos hídricos, gobernanza.

# MODELOS DE OPTIMIZACIÓN DE LA GESTIÓN HÍDRICA Y RESOLUCIÓN DE CONFLICTOS

Franklin M. Fisher<sup>12</sup>, Jane Berkowitz Carlton y Dennis William Carlton

## RESUMEN:

Los verdaderos mercados sólo funcionan bien si son competitivos, con muchos pequeños compradores y vendedores. Además, todos los costes y beneficios sociales deben ser privados. En el caso de los mercados de agua, estas condiciones se incumplen con carácter general. No obstante, es posible crear modelos de optimización que sí sean eficientes si se piensa en los valores del agua y no tan sólo en cantidades de agua. El modelo WAS es una de estas herramientas. Obtiene los máximos beneficios netos del agua disponible, con determinadas características e infraestructuras de oferta y demanda, ya sean reales o potenciales. Además, el WAS permite al usuario expresar valores especiales del agua al imponer políticas hídricas que llevan implícitos dichos valores. Uno de los resultados del WAS son los «valores sombra» de cada localización, teniendo en cuenta hasta qué punto aumentarían los beneficios netos en toda la red si hubiera un metro cúbico adicional de agua de li-

bre disponibilidad en dicha localización. Estos valores son tan orientativos como los precios reales en los mercados competitivos.

El WAS puede ser una potente herramienta para la gestión hídrica y la planificación de infraestructuras. También puede utilizarse para examinar los costes y beneficios de determinadas políticas hídricas en toda la red. No obstante, dado que la propiedad del agua puede expresarse en términos monetarios y que el WAS permite al usuario expresar valores sociales, éste sirve también para resolver conflictos por el agua en beneficio de todas las partes implicadas.

## PALABRAS CLAVE:

Agua, valor sombra, análisis de coste-beneficio de las infraestructuras, resolución de conflictos, mercados.

<sup>12</sup> Esta ponencia está basada en gran medida en el trabajo de varios colegas (véase Fisher y cols., 2005) y especialmente en el trabajo realizado conjuntamente con Annette Huber-Lee.

# MODELOS DE OPTIMIZACIÓN EN REDES Y MERCADOS DE RECURSOS HÍDRICOS

Jay R. Lund

## RESUMEN:

Esta ponencia analiza la aplicación de modelos de optimización a las redes de recursos hídricos y la más contemporánea aplicación de la optimización de sistemas con funciones de objetivos económicos. La aplicación de las funciones de objetivos económicos en los modelos de optimización de sistemas hídricos proporciona información que va más allá de los objetivos técnicos tradicionales y permite extraer conclusiones de los resultados de los modelos en relación con la política, la planificación, el diseño y los fines de explotación de las redes, así como con las políticas y la planificación de los mercados de recursos hídricos. A modo de ejemplo, se presenta el modelo CALVIN de la red hídrica interconectada de California.

# LA EXPERIENCIA DE LOS MERCADOS DE AGUA DE CHILE

Carl J. Bauer

## RESUMEN:

El Código de Aguas de Chile, basado en el libre mercado, se aprobó en 1981. Desde entonces, Chile ha adquirido renombre como primer ejemplo mundial del libre mercado aplicado a la legislación y economía del agua: el paradigma del tratamiento de los derechos sobre el agua, no sólo como propiedad privada, sino como un artículo totalmente comercializable. Este sistema suele denominarse «el modelo chileno». En esta ponencia resumo algunos aspectos clave de la experiencia chilena, incluida la débil reforma jurídica de 2005, a fin de extraer conclusiones más generales para el

debate internacional sobre la reforma de las cuestiones legales, políticas y económicas relacionadas con el agua. Mi conclusión fundamental es que el modelo chileno ha reportado algunos beneficios importantes, como también problemas, pero en general no es compatible con los objetivos a largo plazo de la gestión integrada de los recursos hídricos o del desarrollo sostenible.

## PALABRAS CLAVE:

Mercados de agua, derechos de propiedad, gobernanza, instituciones, Chile.

# LA GESTIÓN HÍDRICA EN ISRAEL: LA NOTABLE AUSENCIA DE MERCADOS DE AGUA

Alan Tal

## RESUMEN:

Casi todo el Estado de Israel puede caracterizarse como «tierra de secano», con niveles de precipitación de tan sólo 500 mm anuales o menos. Hace 60 años, estas tierras eran en gran medida «yermas» y los suelos del país estaban muy erosionados. Al igual que en gran parte de Oriente Próximo, el impacto negativo de los asentamientos humanos sobre la productividad de la tierra en un clima mediterráneo se consideraba inevitable. Pero actualmente, el 35 % del suelo del país está cultivado o forestado (y otro 25 % se ha destinado a reservas naturales). Esta inversión total de las tendencias históricas de fertilidad ha sido posible gracias a políticas agresivas de desarrollo de los recursos hídricos, con una enorme inversión en infraestructuras hídricas y subvenciones para los usuarios agrícolas del agua. En lugar de utilizar el mercado o las estructuras de tarificación del agua para controlar la demanda, los responsables políticos se concentraron en ampliar la oferta. Después, la gestión de la demanda se limitó a la difusión de las tecnologías de riego y a la reducción de las aguas residuales urbanas. La oferta se aumentó primero con transferencias de agua a través de una red de transporte nacional y después con la utilización intensiva de aguas residuales. El riego por goteo y la construcción de 200 embalses han hecho posible que se alcance el actual 72 % de aprovechamiento de efluentes. Al concentrar todo su interés en la oferta, los organismos gubernamentales han descuidado la calidad del agua y el cumplimiento de la normativa ambiental durante casi toda la historia de Israel. Esto ha comenzado a cambiar con la dedicación de mayores recursos al reforzamiento de la normativa y a la vigilancia de su cumplimiento. No obstante, el interés sigue centrado en la oferta, habiéndose adoptado estrategias hidrológicas nacionales basadas en la desalación para aumentar el abastecimiento de agua dulce

alrededor de un 25 % durante el próximo decenio.

Un análisis económico detectará sin duda ciertas ineficiencias en las políticas hidrológicas pasadas y presentes de Israel. Sin embargo, en retrospectiva, el planteamiento de Israel puede considerarse una estrategia racional que ha permitido al país utilizar el agua para promover otros objetivos nacionales (por ejemplo, la absorción de inmigrantes, la colonización de la periferia, la lucha contra la desertificación, la seguridad alimentaria, etc.) frente a la pura eficiencia económica. El éxito de Israel en el desarrollo de instalaciones desaladoras ha propiciado la reciente modificación de determinadas normas aceptadas de su estrategia tradicional de desarrollo hidrológico: por ejemplo, la creciente privatización de la producción y el abastecimiento de agua, así como la reducción de las subvenciones y una estructura diferencial de tarificación para los consumidores. No obstante, es improbable que la orientación política tradicional sufra un cambio radical. Dado que las actuales ineficiencias de la política tradicional de Israel son relativamente pequeñas y que el agua se presenta como un factor crucial de las futuras negociaciones de paz, es probable que a corto plazo se mantengan estrategias de gestión ajenas al mercado. De hecho, es improbable que el mercado sea aceptado como mecanismo de resolución de los conflictos por el agua entre palestinos e israelíes, debido a que los palestinos desean la plena soberanía de los recursos hídricos y al ya mencionado compromiso de Israel con otros objetivos nacionales, más allá de la eficiencia, en su aprovechamiento de los recursos hídricos.

## PALABRAS CLAVE:

Política hidrológica, Israel, mercados de agua, Oriente Próximo, abastecimiento de agua.

# EL MITO DE LOS MERCADOS DE AGUA: LA PRIVATIZACIÓN, LA MERCANTILIZACIÓN Y EL CONSENSO DE WASHINGTON APLICADOS AL AGUA

Joseph W. Dellapenna

## RESUMEN:

El cambio climático global alterará las pautas de precipitación en todo el mundo y tendrá efectos de gran alcance sobre innumerables aspectos de la vida de los seres humanos y de otros seres vivos. El reto que se plantea a las instituciones que gestionan los recursos hídricos es también un reto para los regímenes jurídicos del agua que crean y regulan estas instituciones. Estos retos se producen en un mundo en el que los sistemas de gestión hidrológica y los regímenes jurídicos del agua ya sufren la presión del crecimiento demográfico y del crecimiento de la demanda per cápita. Dicha presión se manejará en un mundo dominado por lo que se conoce como «el consenso de Washington»: la creencia de que el mercado es la mejor manera de gestionar los recursos y la economía, de repartir los recursos y de distribuir la riqueza en la sociedad. La insistencia en el mercado como

principal instrumento de gestión de los recursos hídricos resulta muy controvertida. Es una polémica que suscita serias dudas sobre la utilidad del mercado como instrumento para resolver la creciente crisis hídrica mundial o para gestionar los recursos hídricos con carácter general. Esta comunicación analiza si es siquiera posible que funcionen los mercados de recursos hídricos, basándose en la teoría jurídica y económica, en los efectos reales de la privatización de las compañías que gestionan el agua y en las consecuencias de tratar el agua como un mero artículo de consumo.

## PALABRAS CLAVE:

Privatización, derechos de propiedad, consenso de Washington, legislación sobre el agua, gestión hídrica.

# LOS MERCADOS DE DERECHOS SOBRE EL AGUA Y EL REPARTO DE RECURSOS HÍDRICOS: EL CASO CHILENO

Guillermo Donoso

## RESUMEN:

Con el fin de lograr la máxima eficiencia económica, se reparte una cantidad limitada de agua entre usos alternativos, de manera que los beneficios sociales marginales se distribuyan equitativamente. Numerosos autores han presentado argumentos en favor de que el agua, al ser un recurso natural de distinto valor para sus distintos agentes y aplicaciones, se destine al uso más valorado mediante el intercambio de algún tipo de derechos sobre la propiedad, en condiciones de mercado claramente definidas, ya sea por un período de tiempo limitado (arriendo) o a perpetuidad (venta). Desde que se creara en Chile un mecanismo de cuotas hídricas basado en el comercio de derechos de uso, se han realizado una serie de estudios empíricos y teóricos para determinar: la existencia de un mercado de derechos de uso del agua y el número de transacciones; la eficiencia de dicho mercado; las conductas negociadoras, cooperativas y estratégicas de los participantes en el mercado; y los beneficios marginales

del comercio. Estos estudios indican que el marco de reparto, basado en un régimen de mercado establecido por el Código de Aguas en 1981, ha sido eficiente desde el punto de vista de la inversión, principalmente debido a la seguridad que otorga la legislación a los derechos de uso del agua. Esto queda demostrado por las importantes inversiones que han realizado varios sectores económicos para mejorar la eficiencia de uso del agua y aumentar los recursos hídricos subterráneos disponibles mediante actividades de prospección. Igualmente, el libre comercio de los derechos de uso del agua—aunque los mercados no hayan sido muy activos en muchos ámbitos—constituye un mecanismo de reparto eficiente que ha facilitado la reasignación de los derechos otorgados.

## PALABRAS CLAVE:

Mercados de derechos de uso del agua, reparto del agua a través del mercado, funcionamiento del mercado del agua.

# MÁS ALLÁ DE LOS MITOS DE LOS MERCADOS DE AGUA

Ronald C. Griffin

## RESUMEN:

Lo difícil para detectar las oportunidades y deficiencias del mercado del agua es aplicar con precisión las teorías y experiencias disponibles. Este es un ámbito en el que se ha creado confusión con vagos argumentos retóricos y poco refinados. El objetivo de esta ponencia es ir más allá de los mitos y ofrecer información clara sobre los elemen-

tos fundamentales del debate sobre el mercado. Se definen y se aplican los conceptos principales y se presentan algunas evidencias generales obtenidas de mercados de agua ya existentes. La discusión concluye con un resumen de conclusiones.

## PALABRAS CLAVE:

Mercados de agua, política hidrológica.

# LOS MERCADOS DE AGUA Y SU IMPACTO AMBIENTAL, SOCIAL Y ECONÓMICO EN AUSTRALIA

Henning Bjornlund

## RESUMEN:

Los mercados de agua se han utilizado enérgicamente en Australia como instrumentos para minimizar el impacto socioeconómico de la creciente escasez y para reservar caudales con fines ecológicos. En principio, los regantes aceptaron los mercados de agua con ciertas dudas, pero a lo largo de los diez últimos años, la participación en el mercado ha aumentado notablemente, tanto en el mercado de derechos como en el de cuotas, pero sobre todo en este último. Hay evidencias de que ambos mercados han facilitado la reasignación esperada de los derechos sobre el agua con los beneficios socioeconómicos que conlleva. Sin embargo, también hay evidencias de comunidades rurales en declive a consecuencia de la escasez provocada por la sequía y la regulación o, como dicen algunos, a consecuencia del funcionamiento de los mercados de agua. Pero no existen evidencias reales de si este declive ha sido

provocado por la escasez o por los mercados, ni de si los mercados han reducido de hecho el impacto socioeconómico y comunitario de la escasez. Con el último paquete de reformas legislativas, incluidos los procesos de planificación hidrológica que definen el fondo de consumo de agua y las disposiciones relativas a beneficios ambientales y otros beneficios públicos, la mayor seguridad de los derechos sobre el agua y los registros hídricos y la separación de los derechos integrados en la titularidad tradicional del agua, la situación parece a punto para la introducción de instrumentos de mercado y productos hídricos más complejos.

## PALABRAS CLAVE:

Mercados de agua, instrumentos de mercado, Australia, impacto socioeconómico, impacto ambiental.

# INTERCAMBIO DE AGUA EN EL OESTE DE ESTADOS UNIDOS: RIESGO, ESPECULACIÓN, Y DERECHOS DE PROPIEDAD

Richard Howitt

## ABSTRACT:

La creciente escasez de agua en España, Australia y los estados del oeste de los Estados Unidos conllevará al crecimiento del uso de los mercados del agua para redistribuir los suministros. Dependiendo de la importancia relativa de las eventuales incertidumbres e impedimentos a los trasvases de agua, los mercados se están desarrollando de manera diferenciada en la parte oeste de los Estados Unidos. En muchos lugares, los negocios toman forma en préstamos de agua por un corto periodo de tiempo, sin afectar a los deberos de propiedad. En otras regiones predomina la transferencia permanente de los derechos de agua. El análisis econométrico de 3.696 transacciones registradas en la publicación *Water Strategist* entre los 1990-2005 lleva a la conclusión que la propiedad de los derechos de agua ha influido no sólo en donde se han producido los negocios, sino que también en determinar si han sido transferencias permanentes de derechos o préstamos a corto plazo. La ponencia muestra que para 14 estados del oeste entre los años 1999-2002, los préstamos por un corto periodo de tiempo supe-

raron a las ventas permanentes de derechos en una proporción aproximada de ocho a uno. En los estados con un mayor volumen de agua negociada (Oregon, Texas, Idaho, Arizona, y California), la proporción se elevó hasta casi once a uno.

Algunas de las tendencias emergentes en los mercados del agua del oeste se están revisando y examinando en una búsqueda por reconciliar las características casi públicas del agua con la redistribución, reducción del riesgo, y la búsqueda de la equidad que influyen a los mercados del agua. Finalmente, se comparan los diferentes sistemas existentes en Estados Unidos y en Australia para definir las aguas transferibles y minimizar las externalidades en los negocios de agua.

## KEYWORDS:

Escasez de agua, tendencias emergentes en mercados occidentales del agua, derechos de propiedad del agua, negocios del agua.

# LOS MERCADOS DE AGUA Y SU IMPACTO AMBIENTAL, SOCIAL Y ECONÓMICO EN AUSTRALIA

Tom Rooney

## RESUMEN:

En Australia, el comercio de agua ha sido un instrumento eficaz para distribuir el riesgo de una pluviosidad menor de la esperada de manera que se reduzca al mínimo el impacto negativo de la sequía sobre las comunidades rurales. El mercado del agua existente en Australia funciona a través de un marco de leyes federales, estatales y provinciales que, conjuntamente, permiten comerciar con derechos sobre el agua en los principales sis-

temas fluviales australianos. A medida que vaya creciendo el mercado del agua de Australia, es probable que se desarrollen mercados de futuros y otros derivados que también ayuden a la agricultura australiana a gestionar el riesgo.

## PALABRAS CLAVE:

Australia, mercado del agua, riesgo, regadío, derivados del mercado del agua.

# LA ESCASEZ DE AGUA EN ORIENTE PRÓXIMO NO TIENE POR QUÉ «CORTOCIRCUITAR» EL BIENESTAR ECONÓMICO REGIONAL

Mordechai Shechter

## RESUMEN:

En todas las posibles conversaciones de paz que puedan tener lugar en el futuro en esta región marcada por la guerra, la cuestión del justo reparto de los recursos hídricos será de vital importancia, como lo ha sido siempre. La palabra clave que aparece constantemente es la «escasez»; es decir, no hay agua suficiente para todos los habitantes de la región, una circunstancia que no hará sino empeorar en los próximos años (ya sea por razones demográficas o por el impacto del cambio climático o por ambas cosas).

# REANIMAR EL PROCESO DE REFORMAS HÍDRICAS A TRAVÉS DE LOS MERCADOS DE AGUA: EXPERIENCIAS Y PROBLEMAS EN LA INDIA

Nirmal Mohanty y Shreekant Gupta

## RESUMEN:

En la India, hace decenios que existen mercados de agua en Estados como Gujarat y Tamil Nadu. Aunque estos mercados han sido en general localizados y limitados al comercio entre regantes, han mejorado la eficiencia y facilitado el acceso al regadío por parte de los agricultores con recursos escasos. Sin embargo, las mejoras han sido limitadas porque no se han producido transferencias intersectoriales. Por lo tanto, el reto al que ha de hacer frente la India en estos momentos es constituir mercados formales del agua que puedan ampliar el alcance del comercio y hacer posible dichas transferencias intersectoriales. Además, dado que los mercados formales del agua tienen un fundamento jurídico, se pueden diseñar normas de regulación que aborden el problema de la sostenibilidad ecológica. Los mercados de agua son

muy importantes para el sector urbano, que sufre una escasez aguda, pero no ha tenido acceso a los mercados informales. Los mercados formales pueden incrementar el abastecimiento urbano con un coste bajo y relativa rapidez. La Comisión Nacional de Recursos Hídricos calcula que la reasignación anual de tan sólo un 5 % del agua de riego al sector urbano podría bastar para satisfacer las necesidades de este último durante los próximos cincuenta años. Sin embargo, es importante señalar que los mercados de agua no pueden servir más que a modo de complemento, y nunca sustituir a la racionalización de las tarifas y otras reformas del sistema de distribución en las áreas urbanas.

## PALABRAS CLAVE:

Formal, informal, urbano, regulación, escasez.

# EL PAPEL DE LOS MERCADOS Y DE LA GESTIÓN PÚBLICA DEL AGUA EN ESPAÑA

Antonio Serrano Rodríguez

## RESUMEN:

El agua debe cubrir dos grandes funciones sociales: la primera requiere una actuación pública que asegure la disponibilidad de agua para la vida, es decir, el derecho al abastecimiento con agua de calidad y la disponibilidad de recursos hídricos que aseguren la sostenibilidad ambiental de nuestro patrimonio natural para las generaciones futuras. La segunda dimensión es la consideración del agua como recurso productivo, en cuyo marco los instrumentos de mercado han de jugar un rol fundamental. Con este enfoque, esta ponencia se centra en la importancia y las consecuencias de considerar los instrumentos de mercado en una situación cambiante y caracterizada por la nueva dinámica generada por el cambio climático, con una menor pluviometría registrada en ciertos territorios españoles; por la incidencia de los nuevos Estatutos de Autonomía, que están modificando la tradicional distribución de competencias en la gestión de las cuencas hidrográficas en España; y por la definición de unas políticas públicas, nacionales y en la Unión Europea, vacilantes ante una situación económica, a nivel internacional, que parece forzar a replantearse el papel de la agri-

cultura, y a abrir nuevos campos de actuación en producciones como las de biocombustibles, que pueden dar lugar a nuevas exigencias de regadíos, cuya eficiencia y eficacia deben ser previamente aseguradas. En este marco, se considera necesario potenciar los elementos de gestión e intervención que permitan cumplir los objetivos de las directivas europeas y asegurar una sostenibilidad ambiental y un desarrollo territorial equilibrado en las distintas Comunidades Autónomas de España. En ese sentido, se constata que los instrumentos de mercado, convenientemente complementados con la internalización de los efectos externos asociados a los distintos usos y actividades ligados al agua, pueden ser el mecanismo más eficiente para gestionar situaciones de sequía puntual o estructural, una vez garantizados los recursos imprescindibles para abastecimiento a la población y para la sostenibilidad del patrimonio natural en riesgo.

## PALABRAS CLAVE:

Agua, adaptación al cambio climático, políticas hídricas, regadío, planificación hídrica.

# ESCASEZ Y SEQUÍA EN ESPAÑA Y LOS NUEVOS RETOS DE LA DIRECTIVA MARCO DEL AGUA

Abel La Calle Marcos

## RESUMEN:

La sequía es un fenómeno natural que muchas veces constituye un problema para la sociedad.

La concepción social de este fenómeno y las respuestas que ha tenido a través de los tiempos han ido cambiando y ello se puede analizar a través de las leyes. El análisis en las leyes de aguas españolas muestra además de esta evolución, las medidas que se han establecido a través del tiempo para tratar de paliarlo. El nuevo paradigma de la política de aguas que inaugura la Directiva marco del agua representa un cambio muy impor-

tante de esa evolución. El nuevo marco jurídico comunitario pone el acento en la protección y uso sostenible del agua y por tanto en un mayor control para que las medidas adoptadas en materia de sequía no supongan un obstáculo en la consecución de los objetivos ambientales. Este nuevo paradigma implica integrar la gestión de las sequías en la planificación hidrológica, diferenciarla de la escasez de origen social y económico a efectos de permitir un deterioro temporal de las aguas y condicionar la aplicación de medidas que puedan producir un deterioro del estado de las aguas y ecosistemas asociados.

# LA DIRECTIVA MARCO: RECURSOS, ESCASEZ Y SEQUÍA EN ESPAÑA

Francisco Cubillo

## RESUMEN:

Los mercados de agua son una muy buena herramienta de ayuda a la gestión del agua en un territorio o Demarcación Hidrográfica. Bien empleadas, las posibilidades que presentan, pueden contribuir a lograr una verdadera gestión integral de los recursos.

Los problemas de escasez en las cuencas mediterráneas no responden a un único tipo de causa.

En muchos casos son el reflejo de unos crecimientos del consumo en un territorio, como consecuencia del crecimiento de población o de las actividades consumidoras de agua, por encima de las disponibilidades o del ritmo de incorporación de disponibilidades.

Este desajuste entre disponibilidades y demandas puede ser, a su vez, el reflejo de una planifi-

cación inadecuada o de cambios en los modelos de uso del territorio materializados de forma más rápida que la implantación de las soluciones y medidas para atender las necesidades de agua de los nuevos modelos territoriales.

Los planteamientos de gestión de riesgo son los más adecuados para la aplicación de los mercados de agua. Los Planes de Sequía deben elaborarse sobre principios de gestión de riesgo, tanto de prevención como de mitigación y resolución de los impactos de las sequías. De hecho una vez que en un Plan se establecen los parámetros de referencia y los umbrales de actuación para cada uno de los rangos y valores de dichos parámetros lo que se está haciendo es un planteamiento de gestión de riesgos pues se vinculan actuaciones, que representan costes e impactos a diferentes sectores y usuarios, a niveles de probabilidad de que sucedan.

# PLANES ESPECIALES DE SEQUÍA EN LAS DEMARCACIONES HIDROGRÁFICAS ESPAÑOLAS

Teodoro Estrela Monreal y Elisa Vargas Amelin

## RESUMEN:

Durante los últimos años el territorio español ha pasado por una situación de sequía intensa que perdura hasta la actualidad. Los sucesos de sequía se han repetido afectando seriamente al medio ambiente y a la disponibilidad del agua, y provocando importantes impactos socio-económicos. En estas situaciones la gestión de los recursos hídricos plantea la necesidad de una planificación con el fin de prevenir y mitigar sus efectos negativos.

Con el objeto de minimizar los impactos ambientales, económicos y sociales de eventuales situaciones de sequía, la normativa española incluye la creación de un sistema global de indicadores hidrológicos que sirva de referencia a los Organismos de cuenca, para poder elaborar posteriormente los Planes Especiales de Actuación en Situaciones de Alerta y Eventual Sequía.

Tras un importante periodo de lanzamiento en 2006 los planes fueron aprobados por Orden Ministerial en marzo de 2007. Estos planes incluyen medidas de mitigación relativas a los sistemas de explotación de recursos hídricos, los cuales cons-

tituyen las unidades de planificación. Los planes fueron sometidos además en 2006 a un proceso de Evaluación Ambiental Estratégica (EAE) y a un periodo de información de la misma.

Desde su aplicación, los PES están permitiendo una gestión planificada de las sequías, estableciendo sus fases y describiendo las medidas que se deben aplicar progresivamente, y el seguimiento que debe realizarse de la misma. Además, incluyen métodos y medidas consensuadas previamente por todas las entidades implicadas: sociedad civil, administración y comunidad científica. Por tanto, constituyen importantes documentos de referencia que pueden ayudar a minimizar los impactos de la sequía, de una manera planificada y participativa. Este artículo describe el proceso de elaboración de los planes y los resultados obtenidos desde su aplicación.

## PALABRAS CLAVE:

Sequía, recursos hídricos, mitigación, prevención, planificación hidrológica, indicadores de sequía, escasez de agua.

# ASIGNACIÓN DEL AGUA Y GESTIÓN DE LA ESCASEZ EN ESPAÑA: LOS MERCADOS DE DERECHOS DE AGUAS

Antonio Embid Irujo

## RESUMEN:

Los mercados de derechos de uso de aguas aparecen en España como una nueva forma de reasignación de recursos hídricos, pues las formas tradicionales (revisión concesional, expropiación de derechos, reasignaciones por ley) no son operativas. La Ley 46/1999, de 13 de diciembre, introduce los contratos de derechos de uso de aguas y autoriza la creación de Centros de Intercambio de Derechos de uso de agua. La regulación jurídica es muy matizada e impide la especulación y la acumulación

del agua en manos privadas. Durante la sequía que ahora tiene lugar, se han utilizado en distintos momentos estas formas de asignación de recursos como medio de evitar algunos de sus perjuicios.

## PALABRAS CLAVE:

Centros de intercambio de derechos de uso de agua, concesiones, contratos de cesión de derechos de uso de agua, Organismos de Cuenca, sequía.

# GESTIÓN DE LA ESCASEZ, INCERTIDUMBRE Y MERCADOS DE OPCIÓN EN ESPAÑA

Almudena Gómez Ramos

## RESUMEN:

La gestión de agua en contextos de escasez, de mayor presión por el recurso y de incremento de la presencia de los efectos del cambio climático precisa de la consideración del riesgo como un elemento esencial para alcanzar los objetivos de asignación eficiente y sostenible de los recursos hídricos. Los tradicionales instrumentos de mercado se comportan como mecanismos que asignan agua y riesgo pero no son diseñados para la gestión de este último elemento de forma explícita. El contrato de opción sí que puede ser considerado como un instrumento de gestión de riesgos en la medida de que es capaz de asignar y repartir éste entre las partes participantes. En esta ponencia se analiza el potencial del contrato de opción como mecanismo de asignación de agua y riesgo

en contextos de incertidumbre en la disponibilidad de recursos hídricos resaltando sus beneficios frente a otras modalidades de mercado. Así mismo, se reflexionará sobre si el actual marco legal e institucional en España permite el desarrollo de este tipo de instrumentos y se valorará su posible aplicación en el actual modelo de gestión en el que los mercados han tomado un protagonismo en la solución de los actuales problemas de escasez en España, una vez superadas las limitaciones detectadas en los últimos años del actual modelo de gestión y asignación de recursos.

## PALABRAS CLAVE:

Contrato de opción, asignación del riesgo, gestión de la escasez, planes de sequía.

# EXPERIENCIA DE LOS INSTRUMENTOS DE MERCADO EN ESPAÑA

Jesús Yagüe Córdoba

## RESUMEN:

Los mecanismos de mercado existentes en la Ley de Aguas se han mostrado claramente insuficientes ante situaciones excepcionales que es donde deben responder. Por ello, ha sido necesario desarrollar otros instrumentos legales para incorporar en ellos las cesiones con utilización de infraestructuras de trasvase y la adquisición de derechos de agua, a través de los Centros de Intercambio con fines medioambientales o para la cesión a las Comunidades Autónomas los beneficios alcanzados con los contratos de cesión intercuenca no han producido efectos negativos significativos de carácter económico, social o ambiental.

Los Centros de intercambio han constituido una experiencia interesante en las actuaciones piloto que se han llevado a cabo. Sin embargo, no ha sido fácil alcanzar los objetivos previstos a pesar de que la Administración ha ofrecido buenos precios probablemente por la desconfianza que generan estos nuevos instrumentos y por la cultura existente de mantener a ultranza los derechos de agua. No obstante, es preciso destacar la experiencia positiva tanto para el régimen de caudales del río Júcar cuidando la relación río-acuífero en el caso de la Mancha Oriental, como para tratar de contener el deterioro de los acuíferos del Alto Guadiana, sometidos a extracciones excesivas.

# EVALUACIÓN DE LA IMPLEMENTACIÓN DE LOS MERCADOS DE AGUA EN ESPAÑA

Ricardo Segura Graiño

## RESUMEN:

El panel se limita a contestar en forma concisa a las tres preguntas básicas que han sido planteadas por la Coordinadora de esta Semana Temática para concretar la evaluación de los Mercados de Agua en España. Las respuestas se han elaborado a la luz de su experiencia en la tramitación de los expedientes de intercambio de derechos intercuencas.

## PALABRAS CLAVE:

Cesión de derechos, intercuencas, trasvases.

# EXPERIENCIA DE LOS INSTRUMENTOS DE MERCADO EN ESPAÑA

Javier Calatrava Leyva

## RESUMEN:

Los mercados de agua deberían de ser un instrumento más a disposición de organismos de cuenca y usuarios del recurso independientemente del grado de escasez de agua, y como tales incorporarse a los planes de cuenca

# ASPECTOS ECONÓMICOS Y FINANCIEROS DE LA GESTIÓN DE LA DEMANDA HÍDRICA (UNA ESTRATEGIA PARA HACER FRENTE A LA ESCASEZ DE AGUA)

Saul Arlosoroff

## RESUMEN:

Las políticas y los instrumentos financieros y económicos son la base de la política israelí de gestión de los recursos hídricos y de su estrategia de gestión de la demanda hídrica.

Esta ponencia se refiere a una posible estrategia integral para combatir la escasez de agua en los países que la sufren y especialmente en Oriente Próximo. La escasez de agua en los países, así como en las ciudades o en los proyectos agrícolas es una circunstancia que podría afectar al crecimiento nacional y a las políticas socioeconómicas de muchas zonas del mundo durante muchos años.

Esa estrategia se ha definido en distintos momentos como gestión de la demanda hídrica o como ahorro de agua, o como incremento de la eficiencia de utilización del agua. Estas tres definiciones se han convertido en un importante cambio de paradigma, que supone pasar de la gestión de la oferta convencional a la gestión de la demanda, produciendo cantidades adicionales de agua para las necesidades inmediatas de la sociedad mediante la creación de cantidades virtuales de agua, ya sea con estrategias de ahorro, con los mercados de agua o incrementando la producción agrícola e industrial por unidad hídrica y la importación de productos agrícolas muy consumidores de agua y reduciendo las exportaciones de tales productos.

La experiencia de Israel en la gestión de la demanda hídrica (GDH) se presenta como un potente instrumento para aumentar la prosperidad y el crecimiento socioeconómico cuando la cantidad de agua disponible para la sociedad es limitada.

Israel se fundó en 1948. Entonces era un país semiárido con una población de 650.000 habitantes, un PIB de 300 USD per cápita y un consumo aproximado de 300 metros cúbicos de agua por persona para todo tipo de usos. En 2007, Israel ha alcanzado una población de 7,2 millones de habitantes, un PIB de 25.000 USD per cápita y ha mantenido su crecimiento con un consumo mínimo aproximado de 250 metros cúbicos de agua per cápita que ha impulsado un gran aumento de la renta personal y general.

A pesar de ser un país semiárido, equilibra su producción agrícola para consumo entre exportaciones e importaciones con el desarrollo total de sus recursos hídricos continentales naturales, una intensa campaña nacional de ahorro de agua y una mayor eficiencia de utilización del agua, así como con la puesta en marcha de un completo plan de tratamiento de aguas residuales y la reutilización y comercialización de los efluentes tratados con cuotas hídricas para la agricultura. Además, ha adoptado una política económica y financiera de «agua virtual», importando grano y ahorrando así grandes cantidades de agua, todo lo cual forma parte de su política nacional de gestión de los recursos hídricos y de su estrategia de gestión de la demanda hídrica.

El trabajo pionero y el resultado de las actividades de I+D de Israel, financiadas por los sectores público y privado, ya han influido en otros países y regiones del mundo, ya que el ahorro de agua se está convirtiendo en una herramienta y necesidad global indispensable.

Dado que la escasez es similar o peor en otros países, se han realizado esfuerzos para difundir los conceptos desarrollados en Israel.

# INTELIGENCIA EMPRESARIAL PARA EL AGUA: LOS LÍMITES A LA INFORMACIÓN

José Gordon Rapoport

## RESUMEN:

Instituciones del sector privado como hospitales, bancos o empresas manufactureras llevan mucho tiempo beneficiándose de las herramientas de inteligencia empresarial. Estas herramientas pueden ser análisis, elaboración de informes, hojas de calificación e incluso procesos de minería de datos que permiten entender mejor la actividad empresarial gracias al tratamiento o asimilación de varios millares de conjuntos de datos individuales. El objetivo de esta presentación es introducir este tipo de tecnologías en los organismos

de gestión de los recursos hídricos. Se explican brevemente conceptos como el análisis multidimensional OLAP, las bases de datos Datamart y los algoritmos de minería de datos.

## PALABRAS CLAVE:

Inteligencia empresarial, KPI, hojas de calificación, minería de datos, Datamart, sistemas de apoyo a la toma de decisiones.





Semana Temática 8

# AGUA Y SOCIEDAD

Educación, Comunicación y Cultura  
Taller por una paz hidráulica universal



# Documento de síntesis<sup>13</sup>

Coordinadores Generales:

Eje temático comunicación:

**Luis Guijarro García.** Coordinador editorial de la revista Natura y Presidente de la Asociación de Periodistas de Información Ambiental (APIA).

Eje temático cultura:

**Germán Bastida Colomina.** Miembro de la Junta Directiva Fundación Nueva Cultura del Agua

Eje temático educación:

**Víctor Viñuales.** Director de la Fundación Ecología y Desarrollo

Taller por una paz hidráulica universal

**Mario Gaviria.** Sociólogo. Premio Nacional de Medio Ambiente 2005

**Artemio Baigorri.** Profesor del Dpto. de Empresas y Sociología. Universidad de Extremadura

## MARCO DE REFERENCIA

El agua es un relevante factor de ciudadanía, lo que justifica que la Tribuna del Agua consagre una de sus semanas al debate sobre el carácter social del agua, bajo tres contextos complementarios: educación, cultura y comunicación. Las sesiones y conferencias de esta Semana Temática abarcarán los aspectos relativos a la educación, comunicación y cultura del agua.

Respecto a la educación, un tema que para todos comienza en los primeros años de vida, se debe señalar que el agua, como los niños, constituye el futuro de un país o de una región. El agua, al igual que sucede con los más jóvenes, es indefensa y puede ser lesionada por el hombre. Pero los niños pueden aprender a conocer y preservar este recurso, tarea que comienza en la escuela. La educación también comprende a los adultos, con el propósito de lograr, con mayor eficacia, los cambios que se requieren para hacer sostenible la gestión del agua.

En lo concerniente a la comunicación, el ciudadano bien informado puede influir positivamente en la toma de decisiones en su cuenca hidrográfica de interés, en el río que pasa por su comunidad o en el manantial del cual se aprovisiona de agua, vigilando la continuidad administrativa y abriendo, en consecuencia, espacio para la gobernabilidad de la misma. La prensa juega un rol fundamental en este proceso de informar, de difundir conocimiento y de crear opinión en la sociedad. Por eso, será un tema crucial del debate durante la semana.

Por fin, se debe considerar el valor cultural del agua en el contexto de la vida humana y la necesidad de contar con una cultura del agua que concilie el desarrollo humano con la sostenibilidad ambiental. En este sentido la historia recoge numerosos episodios que serán tratados durante la semana. El pasado, en este caso, más que un mero registro cronológico de hechos, constituye un referencial de soluciones encontradas para proble-

<sup>13</sup>Documento elaborado a partir de las comunicaciones escritas, las presentaciones orales, las discusiones a lo largo de la celebración de las sesiones y el destilado de las mismas preparado por los moderadores, relatores y coordinador con el soporte del equipo de Tribuna del Agua.

mas que se repiten de manera parecida. Por eso, la cultura del agua además de contribuir a preservar el conocimiento del paso que ha tenido el hombre por la Tierra, es una rica fuente de orientación para resolver problemas y para garantizar la pervivencia de las sociedades.

Los aspectos de educación, comunicación y cultura del agua son esenciales para una importante acción práctica que se sitúa en el ámbito de la movilización social que, además de su importancia para la formación de ciudadanía en relación al agua, sirve para motivar y estimular continuamente a los individuos. Por tanto, esta Semana Temática deberá contar con una discusión que estimule la constancia del pensamiento en la protección y uso racional de los recursos del agua por vía de la movilización social; debe potenciar el encuentro de la justicia social en materia hídrica y el respeto al derecho para contar con agua, otorgándole a este recurso el rol satisfactor más allá del económico.

## CONCLUSIONES Y PROPUESTAS GENERALES

El agua es un elemento imprescindible tanto en la naturaleza como en la estructuración de toda sociedad y tiene un papel transversal por su fuerte relación con otros sectores y otras políticas (ambientales, energéticas, económicas, etc.).

A pesar de ello, vivimos en una cultura que no la considera en su justo valor, de hecho pocas personas tienen conciencia real del agua que directa o indirectamente consumen a diario, por lo que las situaciones de despilfarro se convierten en algo habitual. En este contexto social se deben generar, de manera urgente, nuevos parámetros de uso del agua que transformen los grupos sociales e impulsen una comunidad global, en la que el ahorro y la buena gestión del agua constituyan un objetivo de futuro. Para lograr esta evolución social es imprescindible la puesta en marcha de acciones educativas, tanto de niños como de adultos, que desarrollen procesos de búsqueda

fundamentados en la participación colectiva. La participación, la educación y la comunicación son, junto con la dimensión cultural, las herramientas imprescindibles que nos ayudarán a generar los cambios necesarios para avanzar en el camino hacia la sostenibilidad.

Actualmente, los escenarios que dibuja el cambio climático, aumentan las incertidumbres sobre la cantidad y la calidad del agua, así como la conflictividad que se puede desarrollar en torno al control de este recurso. Estas incertidumbres cada vez se perciben con más nitidez en los diferentes sectores de la sociedad. Hoy se observa un cambio en las inquietudes, comportamientos y preocupaciones de la sociedad, ante el que debemos preguntarnos cuáles son los límites máximos para la acción social y el papel de las ideas como motor de transformación, entre otros.

Estamos en un momento en el que es necesario desarrollar nuevas formas de gestión del agua para garantizar la sostenibilidad presente y futura, por lo que los procesos educativos deben centrarse en transmitir actitudes más que conceptos, y en desarrollar capacidades para generar nuevas formas de gestión del agua.

El agua como recurso cada vez sufre una mayor presión por la sociedad y las actividades económicas, pero, al mismo tiempo, esta sociedad que la utiliza exige una valoración sobre la repercusión que estos usos tienen en el medio ambiente, e incluso en el propio ser humano. Por ello:

- *Es necesario desarrollar políticas de gestión de la demanda, orientadas a la sostenibilidad tanto económica como de los ecosistemas.*

Por otro lado, el debate en torno al agua no es sólo técnico, sino que implica aspectos sociales importantes, lo que significa modificaciones en la relación entre la ciudadanía y las Administraciones, así como una nueva nueva forma de entender la política del agua, integrando sus múltiples dimensiones y aspectos e involucrando al conjunto de la ciudadanía.

### Participación ciudadana:

La intervención pública de una ciudadanía bien formada, lejos de ser un obstáculo, constituye un ahorro de tiempo y esfuerzo, mientras que la crispación o el desacuerdo pueden significar importantes costes. Además, existe un significativo patrimonio de conocimiento y talento en las comunidades que no se puede desaprovechar. Por ello se propone:

- *Impulsar y crear cauces para la participación que permitan el intercambio de información, conocimiento y experiencias entre la ciudadanía y la Administración.*
- *Educar y formar a los ciudadanos en la participación orientada a la obtención de acuerdos y a favorecer la inclusión social.*

Igualmente, teniendo en cuenta que en ocasiones los conflictos no cuentan con el sosiego, la serenidad, el debate y la participación necesaria, se propone:

- *Transmitir a los responsables públicos la necesidad de evitar la conflictividad en los temas del agua y llegar a acuerdos y consensos.*
- *Priorizar la inversión de los poderes públicos allí donde se haya conseguido llegar a acuerdos.*

### Información y Comunicación:

La información sobre el agua es necesaria, aunque en nuestros días es excesiva y en ocasiones cae en contradicciones y orientaciones demagógicas, muy politizadas y catastrofistas. Abundan mensajes como “crisis global del agua”, cuando lo más correcto es hablar de crisis del modelo de gestión del agua. Estas crisis son múltiples y muy variadas en sus causas y soluciones. Por ello:

- *Hay que revisar el tipo de presencia del tema agua en los medios de comunicación y desvincularlo de catástrofes, sucesos extremos y amenazas. Por el contrario, hay que aumentar el interés por cuestiones técnicas, económicas, sociales, ambientales y políticas.*

- *Es necesario evitar la repetición de mensajes simplistas, demagógicos o sesgados basados en un escaso debate científico y sin un trabajo reflexivo previo.*

- *Sensibilización y propaganda deben desvincularse.*

- *Es necesario mejorar la formación ambiental de los periodistas y profesionales de la comunicación, y enseñarles a ver la enorme complejidad del mundo del agua. Para ello los responsables de los medios de comunicación deben ser conscientes de la necesidad de tener profesionales especialistas que transmitan a la sociedad la información desde el conocimiento y el rigor.*

### Educación:

El cambio de un paradigma antropocéntrico a uno centrado en la convivencia con la naturaleza lleva también a un cambio cultural y de valores. Es posible modificar los hábitos y usos sociales respecto al agua mediante la incorporación de nuevos valores, aunque es un proceso lento.

Cualquier acción educativa que se genere, tanto las dirigidas al público en general como las que se lleven a cabo en el marco educativo, debe apoyarse en un plan de acción que considere la situación de partida en lo que se refiere a las actitudes sociales y a la caracterización global del agua. El aprendizaje sobre el agua es complejo, ya que en su construcción influyen elementos de la cultura colectiva, que no siempre son favorables a la dimensión del agua que aquí se formula, y las vivencias personales que se han tenido con ella. La finalidad de muchas de estas actuaciones educativas suele consistir en una capacitación para que las personas, fundamentalmente los escolares, mejoren el uso del recurso agua. Pero no basta con esta intención en los complejos momentos que vivimos; hay que ir más allá, hay que capacitar a la sociedad para afrontar nuevos retos, ya que en la dimensión social que adquiere el agua se concentran los grandes desafíos de la actualidad: alimentación, energía y medio ambiente,

pero también sus buenos manejos. Los programas educativos del marco escolar han de recoger de manera diferente la caracterización del agua y proponer estrategias consecuentes; los planes de actuación dirigidos al público en general deben ser más ambiciosos y evaluar en qué medida son útiles. Por ello se propone:

- *Crear una agencia mundial de agua que fomente el conocimiento, la cultura y la difusión de valores y buenas prácticas en relación con el agua y el desarrollo sostenible.*

## **Cultura**

El agua fluye y no divide, sino que conecta. En las culturas hay elementos y valores comunes sobre el agua, aunque los momentos de cada región del mundo son diferentes. Por ello:

- *Hay que incorporar el valor cultural del agua a la gestión política.*
- *Hay que potenciar la gestión por cuencas tanto en las nacionales como en las transfronterizas, fomentando así la colaboración internacional en torno al agua y su gestión.*
- *La agencia mundial de agua actuará en la resolución y el arbitraje en los conflictos derivados de la gestión del agua desde el diálogo y la participación de todos los actores implicados*

# COMPROMISOS DE LA FUNDACIÓN ANNA LINDH POR EL DIÁLOGO INTERCULTURAL EN FAVOR DEL AGUA: REFLEXIONES SOBRE EL FORO EUROMEDITERRÁNEO DE LA JUVENTUD SOBRE AGUA Y DIÁLOGO INTERCULTURAL

Eman Qaraeen

## RESUMEN:

Esta conferencia es una contribución a la exposición internacional Expo Zaragoza 2008, dentro de la Semana Temática titulada “Agua y Sociedad: Comunicación, Cultura y Educación”.

Las actividades de la Fundación Anna Lindh han sido diseñadas en el marco de una campaña denominada “El agua, nuestro futuro común”, que fue desarrollada inicialmente por la Fundación para 2008, Año del Diálogo Intercultural, en cooperación con el Instituto Europeo del Mediterráneo (IEMED) y la Red de Ríos Europeos. Esta campaña tiene claros vínculos con la apuesta por el diálogo y un marcado potencial de creación de redes. Así pues, la necesidad de apelar e involucrar a la sociedad civil es importante. La campaña es el resultado de un proceso de evaluación y concepción que comenzó con la organización de una reunión de expertos, con personas altamente capacitadas que trabajaran en el desarrollo de una nueva cultura del agua entre la sociedad, el medio ambiente y las artes.

Esta convención, que se celebró entre el 30 de noviembre y el 1 de diciembre de 2006, reunió a 15 expertos, entre ellos activistas sociales, científicos e investigadores medioambientales, artistas, arquitectos y cargos públicos, que habían sido nombrados o recomendados por redes nacionales ALF. El objetivo de la reunión era identificar los aspectos del trabajo con el agua que la Fundación Anna Lindh quería llevar a cabo en el futuro. Se diseñó un modelo de campaña múltiple, centrado en tres dimensiones:

- ▶ La movilización social;
  - ▶ La investigación y la creación de redes de jóvenes;
  - ▶ La creación artística.
- Los expertos propusieron tres componentes:
- ▶ El Gran Salto Euromediterráneo (movilización social);
  - ▶ El Foro de la Juventud para Agua y Culturas en Diálogo (investigación y formación de redes);
  - ▶ El Concurso de Arte Aqua Treasury (creación artística).

# VOLVER LAS TORNAS: FUNCIÓN DE LOS MEDIOS DE COMUNICACIÓN PARA IMPLICAR A LAS MASAS EN LOS DEBATES Y LAS PRÁCTICAS SOBRE AGUA

Irfan Shahzad

## RESUMEN:

No hace falta insistir en que el agua es una de las cuestiones más apremiantes a las que se enfrenta la población del planeta en la actualidad, sobre todo en los países en desarrollo. Una de las muchas razones de los dramas que vivimos con el agua deriva de la falta de una adecuada actitud de alerta, especialmente en lo concerniente a las personas. Los medios de comunicación han sido testigos de avances muy rápidos gracias a los progresos tecnológicos de los últimos años. Estos avances presentan ventajas e inconvenientes. Es cierto que los medios de comunicación han desempeñado una función vital en concienciar sobre temas sociales en los últimos años. No obstante, la cobertura de necesidades como el agua y el saneamiento está aún muy lejos del nivel deseado. El agua es a menudo un tema del que se informa poco e incluso mal; todo lo que se hace un hueco en los medios de comunicación frecuentemente

está contaminado por/de comercialismo, intereses creados y falta de orientación apropiada de los periodistas. El toque humano está en gran medida ausente. Como resultado, el objetivo marcado de convertir a los pobres en “parte de las soluciones” a los problemas hídricos continúa siendo un sueño. Los medios de comunicación de países en desarrollo deben dar prioridad al agua en sus temas, elevarse por encima del comercialismo en este asunto tan esencial y diseñar enfoques centrados en las personas cuando cubran aspectos relativos al agua. Si las masas se involucran como debiera ser, pocos esfuerzos más serán necesarios.

## PALABRAS CLAVE:

Cuestiones relativas al agua, concienciación sobre agua, función de los medios de comunicación, implicación de las masas, enfoques centrados en las personas.

# AJUSTE DE ACTITUDES: CÓMO CAMBIAR NUESTRA RELACIÓN CON EL AGUA DE UNA MATERIA PRIMA DE BAJO COSTE A UN RECURSO SAGRADO QUE DA LA VIDA

Stephen Leahy

## RESUMEN:

Gran parte del mundo utiliza el agua como si fuera un recurso o una materia prima inagotable que se puede fabricar fácilmente. Ninguna de estas actitudes refleja la verdadera realidad del agua, pero esta fantasía es común en todas las esferas de la sociedad en Canadá y en muchos otros países. Como resultado, el agua se despilfarra, se contamina y se gestiona mal en muchos lugares. Cambiar nuestra relación con el agua para no considerarla un producto o una materia prima sino un recurso precioso que da la vida es crucial para afrontar los retos hídricos que tenemos ante nosotros. El agua ha sido sagrada en casi toda la

historia de la humanidad, salvo en los últimos doscientos años. Es hora de un “ajuste de actitudes”.

Los periodistas y los comunicadores desempeñan una importante función a la hora de revelar y explicar la realidad del agua y explorar cómo las actitudes configuran nuestras decisiones sobre el agua. Y lo que es más importante, los comunicadores han de alejarse primero de la fantasía predominante para plantear las preguntas correctas. Esta labor es de vital importancia porque la humanidad está cambiando la Tierra y su clima sin saber exactamente qué está haciendo.

# PROYECTO WET: EDUCACIÓN SOBRE AGUA PARA LOS RETOS HÍDRICOS GLOBALES DEL SIGLO XXI

Sandra Deyonge y John Etgen

## RESUMEN:

Los problemas globales del agua continuarán intensificándose y afectarán a la calidad de vida de miles de millones de seres humanos. La misión del Proyecto WET es hacer llegar a niños, padres, educadores y comunidades del mundo la educación sobre el agua, para ayudarles a afrontar los retos de los recursos hídricos en el siglo XXI. El Proyecto WET propugna que un entendimiento de los recursos hídricos ayudará a los estudiantes y a otros a: proteger las fuentes comunitarias locales mediante proyectos de actuación, participar en la economía global creciente con una comprensión sobre el valor del agua, respaldar y contribuir a la aplicación de tecnologías inno-

vadoras que garanticen recursos hídricos limpios para una población y una economía mundiales en expansión, y reconocer la relación entre gestión de recursos hídricos y estabilidad internacional. El Proyecto WET está implantado en más de 30 países de los cinco continentes y sus materiales han sido traducidos a varios idiomas. El éxito internacional del Proyecto WET se debe a: un formato de actividades y formación dinámico (centrado en el desarrollo de habilidades para estudiantes del siglo XXI), su red de educadores, profesionales de los recursos hídricos y asociados, sus publicaciones desarrolladas mediante un proceso de taller de escritura único y eventos sobre recursos hídricos celebrados en las comunidades locales.

# **WATER WATCH PENANG: UTILIZAR LA GESTIÓN DE LA DEMANDA DE AGUA (GDA) PARA LOGRAR LA SOSTENIBILIDAD HÍDRICA CAMBIANDO ESTILOS DE VIDA Y HÁBITOS EN EL USO DEL AGUA**

Ngai Weng Chan

## **RESUMEN:**

Malasia es un país rico en recursos hídricos, pero la mala gestión, el despilfarro y la contaminación han provocado problemas con el agua. Water Watch Penang (WWP), una organización sin ánimo de lucro, fue fundada en 1997 para ayudar a abordar estos problemas. Su visión se basa en 5 principios: (i) sostenibilidad ecológica; (ii) justicia social; (iii) productividad económica; (iv) dinamismo cultural y (v) participación popular. WWP enseña a los padres que desempeñan una función vital como “gestores del agua” en el hogar y en el lugar de trabajo. Los padres gestionan la cantidad de agua para la familia y educan a sus hijos en el ahorro de agua. WWP promueve la gestión de la demanda de agua (GDA) para garantizar que los recursos hídricos no se agoten y continúen siendo sostenibles. Gracias a la GDA, la cantidad de agua que se ahorra en toda la nación es significativa y este concepto puede ayudar a

implantar megaproyectos hídricos para las generaciones futuras. A través de la auditoría doméstica del agua (ADA), una forma de GDA, las técnicas de reciclaje y ahorro de agua se convierten en estrategias clave para atajar la escasez de agua y otros problemas hídricos en Malasia. WWP también colabora con el gobierno y con proveedores de servicios de aguas para reducir los altos índices de aguas no facturadas, modernizar las depuradoras, concienciar y fomentar la educación pública, entre otras acciones importantes relacionadas con el agua. El objetivo primordial de WWP es crear una “Sociedad Ahorradora de Agua” en Malasia.

## **PALABRAS CLAVE:**

Malasia, Water Watch Penang, gestión de la demanda de agua, auditoría doméstica de agua, sociedad ahorradora de agua.

# LA EDUCACIÓN COMO HERRAMIENTA DE GESTIÓN HACIA LA SOSTENIBILIDAD

Javier Benayas del Álamo

## RESUMEN:

Desde la publicación del Informe Bruntland en la década de los ochenta el desarrollo sostenible ha pasado a ser un concepto manejado, utilizado y discutido por las naciones, independientemente de su ubicación geográfica. Tal ha sido la extensión de éste término y todo lo que asocia que la Asamblea General de las Naciones Unidas el 20 de Diciembre de 2002 aprobó la resolución 57/254 que apoyaba la declaración de la Década de la Educa-

ción para el Desarrollo Sostenible (2005-2014). En ella cada país tiene la obligación de trabajar para determinar sus propias prioridades y modos de intervención. Es necesario que los objetivos y los planes de futuro sean definidos localmente para satisfacer las condiciones ambientales, sociales y económicas de cada comunidad (UNESCO, 1997). Sin embargo no nos podemos olvidar del origen de este movimiento que tiene sus raíces profundamente arraigadas en la educación ambiental.

# L'OBSERVATORI. SEGUIMIENTO DE INDICADORES SOCIOECOLÓGICOS EN LA CUENCA DEL RÍO TORDERA

Martí Boada y Roser Maneja

## RESUMEN:

El reconocimiento de la existencia de un cambio ambiental a nivel global y la creciente demanda social en la búsqueda de soluciones a los problemas ambientales actuales han dado lugar al surgimiento de nuevas propuestas epistemológicas y metodológicas desde la ciencia que incorporan nuevos elementos en sus planteamientos.

# WATER FOR LIFE: FORMACIÓN DE FORMADORES SOBRE AGUA EN SIDNEY, AUSTRALIA

Ben Taylor

## RESUMEN:

Water for Life es el programa social bandera de educación sobre agua del Gobierno de Nueva Gales del Sur (Australia), que ha impulsado cotas de ahorro de agua significativas y una mejor comprensión de las cuestiones importantes que rodean al agua en el área metropolitana de Sydney. Esta conferencia describe brevemente las estrategias de “formación de formadores” empleadas como parte del Programa, lecciones clave aprendidas y evaluaciones relevantes realizadas hasta ahora.

El ahorro de agua se ha convertido en una actividad totalmente natural para las empresas y los residentes del área metropolitana de Sydney.

Durante este tiempo, Water for Life ha lanzado campañas comunitarias colaborativas, proyectos innovadores de educación sobre agua in situ y cursos de formación y recursos para el gobierno local. Más de 3,3 millones de personas toman medidas regularmente para ahorrar agua y el 85% de los residentes son conscientes de cómo estamos trabajando todos juntos para garantizar el aprovisionamiento de agua a Sydney.

## PALABRAS CLAVE:

Agua, educación, formación, fomento de las capacidades.

# COMUNICACIÓN, PARTICIPACIÓN Y CAMBIO EN EL MODELO DE GESTIÓN DE LA POLÍTICA PÚBLICA DEL AGUA

Julio César de Cisneros Britto

## RESUMEN:

Los actores políticos y sociales actúan ante los problemas de la política del agua mediante un determinado sistema de ideas o valores que son sometidos al debate político y social permitiendo un intercambio de posiciones, en un proceso de comunicación que deviene en aprendizaje y cambio en las actitudes, con consecuencias prácticas para la reordenación de dichos valores, las co-

liciones que los mantienen y las estructuras que los sustentan. En consecuencia, el principal motor del cambio se produce en la interacción social, la comunicación y la participación social.

## PALABRAS CLAVE:

Participación, comunicación, coaliciones promotoras, sistemas de creencias.

# EL AGUA EN LOS TELEDIARIOS

## LA COBERTURA INFORMATIVA DE LOS RECURSOS HÍDRICOS

Pablo Francescutti

### RESUMEN:

La televisión es uno de los principales medios a través de los cuales la población se informa acerca del medio ambiente. Esta premisa hace oportuno preguntarse cómo cubre la problemática del agua. Con el ánimo de aportar una respuesta provisional a la cuestión se exponen aquí los resultados preliminares de un estudio sobre noticias relativas a los recursos hídricos transmitidas en los principales telediarios de ámbito nacional. En el estudio realizado a lo largo de un año por el equipo del Grupo de Estudios Avanzados de la Comunicación de la Universidad Rey Juan Carlos, se pone de manifiesto que dichas noticias se agrupan de forma

exclusiva entre dos polos: el exceso (inundaciones, lluvias torrenciales) y la falta (sequías). Se trata, en esencia, de informaciones con connotaciones negativas, que ofrecen una versión simplificada y catastrofista del multifacético fenómeno del agua, omitiendo aspectos tan cruciales como las medidas de ahorro de agua, las técnicas de almacenamiento y saneamiento o el desarrollo de nuevas tecnologías hídricas, por citar sólo algunos ejemplos.

### PALABRAS CLAVE:

Agua, teletinformativos, noticias, catastrofismo.

# ¿DEBO CERRAR EL GRIFO CUANDO ME LIMPIO LOS DIENTES?

## LOS RETOS ACTUALES Y FUTUROS DE LA COMUNICACIÓN SOBRE EL AGUA

Eric Mollard

### RESUMEN:

Existe una tesis políticamente incorrecta pero científicamente debatible que pretende que se debe intensificar el uso desmedido del agua urbana o agrícola, ya que el agua es un flujo cíclico. No sólo por el ciclo del agua, sino también por los múltiples reciclajes que la harán retornar en algún momento para que los usuarios y el medio ambiente se beneficien de ella río abajo. Sin duda alguna, hay algo de provocación en esta afirmación, pero la intención es posibilitar alternativas a la comunicación simplista basada en el poco debate científico dirigido hacia el público.

En un ámbito en el que los científicos reconocen los límites de su peritaje, sea por el desconocimiento de algunos procesos hidrológicos, o por una interpretación todavía en debate ¿puede la comunicación sobre el agua rebasar el nivel propagandista de la sensibilización? Con mayor información, es decir incluyendo las incertidumbres científicas, ¿no se corre el riesgo de desincentivar al militante de base?

En esta conferencia se plantean primero los beneficios de la sensibilización, considerando tanto los países en desarrollo como desarrollados. Después se analizan los procesos psicológicos, sociales y políticos que dificultan la implementación en los hechos y prácticas del imaginario ideal del agua. Finalmente, se abre la discusión sobre los límites de la comunicación de masas respecto al agua.

*¿De qué [nuestros contemporáneos] tienen necesidad?*

*No solamente de informarse: en este siglo positivo, la información acapara a menudo su atención y los vuelve incapaces de asimilarla.*

*No solamente de las armas de la razón, pues luchar demasiado para adquirirlas agotan su pobre energía moral.*

*De esto que tienen necesidad, de esto que sienten la necesidad, es una calidad de espíritu que les permita sacar beneficio de la información y aprovechar la razón, para que puedan, en toda lucidez, hacer el balance de lo que transcurre en el mundo, y también de lo que puede transcurrir en el fondo de ellos mismos.*

Charles W. Mills

# INSTALACIÓN DE PAPELERAS SOBRE EL RÍO URUGUAY: ANÁLISIS DE UN CONFLICTO AMBIENTAL PRESENTE EN LOS MEDIOS DESDE 2004

Claudia Mazzeo

## RESUMEN:

El anuncio de la instalación de dos plantas de fabricación de celulosa sobre el río Uruguay, la finlandesa Botnia y la española ENCE, marcó el punto de partida de diferentes protestas sociales cuya magnitud y características no registra precedentes en América Latina.

Se trata del primer caso en la región de un tema relacionado con el cuidado del agua y del ambiente que ha ganado un espacio continuo y sostenido en los medios de comunicación, desde fines de 2004 hasta el presente.

Se analizan los factores determinantes del conflicto que fue creciendo paulatinamente entre

ambos márgenes del río, en las ciudades de Fray Bentos (Uruguay) y Gualaguaychú (Argentina), así como su influencia en otros ámbitos, y las facetas más salientes del tema reflejadas por los medios de comunicación a lo largo de casi cuatro años.

## PALABRAS CLAVE:

Plantas de celulosa, Río Uruguay, Fray Bentos, Gualaguaychú, contaminación, conflicto ambiental, licencia social, movilización social, conciencia ambiental, medios de comunicación.

# CONSTRUYENDO UNA NUEVA CULTURA DEL AGUA

David Barkin

## RESUMEN:

La gestión del agua está construyendo un creciente desorden social y ambiental en grandes partes del orbe. Lejos de aminorar los problemas, la creciente urbanización y el crecimiento económico están dejando enormes grupos sociales al margen del principio del derecho humano universal al agua en cantidad y calidad y la responsabilidad colectiva para defender la integridad de los ecosistemas. Frente a la gravedad de estos problemas, surgió el Tribunal Latinoamericano del Agua como foro para airar las disputas que las instituciones nacionales no han podido resolver y tratar de impulsar procesos de negociación.

Frente a la creciente centralización económica y política característica del mundo actual, están surgiendo nuevas iniciativas y capacidades para atender estos problemas; frecuente son contestatarias y reprimidas. Sin embargo, implican aprovechar conocimientos heredados o tecnologías 'apropiadas'

desdeñadas por los funcionarios y por las grandes empresas de las industrias compitiendo por los contratos nacionales e internacionales. Dentro de esta tradición han surgido los movimientos de la Nueva Cultura del Agua y de Retomar el Control Público del Agua, muy diferentes de la cultura de los ingenieros que siguen dominando las instituciones y los consejos mundiales y las instituciones financieras internacionales: juntos abogan para el derecho al control público del agua y el acceso universal al agua para las necesidades básicas y para los ecosistemas. La transformación del agua en mercancía está negando estos derechos a millones de personas y están surgiendo nuevas iniciativas nacionales para evitar los abusos del mercado en su gestión. Sólo así podríamos construir instituciones que contribuyen a revertir la tendencia actual de hacer que los fenómenos y trastornos naturales se transforman en los desastres naturales, para que las administraciones públicas sigan lavándose las manos de su desdén y sus errores.

# CUIDAR EL AGUA, ES CUIDAR LA VIDA. APORTES DE LA CULTURA ANDINA A LA NUEVA CULTURA DEL AGUA

Marco Arana Zegarra<sup>14</sup>

## Conferencia Magistral

### RESUMEN:

En el Perú de hoy, las luchas andinas de resistencia a la minería, son luchas por la defensa de la tierra y del agua, y también por una justa redistribución de la riqueza. Sin embargo, el lado más duro de estas luchas es por la defensa del agua y la tierra que en la actualidad constituyen el campo más sensible de disputa con las industrias extractivas que consumen ambos recursos de manera intensiva y extensiva.

Para quienes solo promueven el avance incontrolado de las actividades mineras como clave del éxito de la actual política económica neoliberal, el tema de la redistribución de la renta minera está prácticamente resuelto porque, a través del canon minero, alguna gota “chorrea” de la inmensa riqueza extraída<sup>15</sup>. Lo que más les preocupa a las empresas y los gobiernos que las apoyan es el cuestionamiento de las luchas andinas a la lógica perversa de un sistema basado en las actividades extractivas que necesita apropiarse del agua y de la tierra de las comunidades desplazándolas de sus territorios o sometiéndolas a un conjunto de violaciones de derechos humanos como la vida, el agua, la salud. Las luchas de las comunidades contra la falta de control y la expansión de las actividades mineras están cobrando una dimen-

sión más global. Cada vez más los pueblos del sur luchan por el derecho a la tierra y el agua, por la soberanía y control de sus recursos de manera que puedan ampliar sus oportunidades y ejercer plenamente sus derechos sociales, económicos, culturales y ambientales. Las luchas de las comunidades andinas por el agua y la tierra han de entenderse como la lucha por la globalización de los derechos sociales, económicos, culturales y ambientales (DESCA).

En Perú, como en el resto de América Latina, los defensores del agua y de la tierra están siendo acusados de defender formas de pensamiento opuestas al crecimiento económico el cual se identifica equívocamente con el desarrollo. El mismo presidente García y los voceros de las empresas han denunciado la conspiración de los “movimientos ecologistas internacionales” que se oponen al crecimiento económico del país y que están detrás de las protestas campesinas a través de ONGs o de la iglesia católica. Sin embargo, lo que más causa el enojo de los grupos de poder, es que las luchas andinas por salvar la tierra y el agua en realidad cuestionan en su raíz el modelo económico basado en el uso irracional de los recursos naturales para generar extraordinarias ganancias para cada vez más pequeños grupos de poder. Las inmensas riquezas provenientes de las industrias

<sup>14</sup> Sacerdote diocesano. Magíster en Sociología y Licenciado en Teología. Premio Nacional de Derechos Humanos de Perú. Miembro Directivo de la Red Muqui, Desarrollo y Minería de Perú y del Observatorio de Conflictos Mineros de América Latina.

<sup>15</sup> El canon minero es un % del impuesto a la renta que el Estado cobra a las empresas, luego de una serie de deducciones tributarias en favor de las inversiones privadas.

extractivas en el Perú están sirviendo para ahondar aún más la brecha de la exclusión social: *“De las 10 mil primeras empresas de Perú. 20 facturan el 24% del total. De las 20 ocho son mineras y 8 petroleras. De las 100 primeras empresas que concentran la riqueza casi la mitad son transnacionales. 20 empresas obtienen 46% de utilidades netas mientras que 6 mil empresas solo obtienen 1% de utilidades netas a pesar que facturaron el 14% del total”*<sup>16</sup>

Tales beneficios de las empresas mineras y petroleras no serían posibles sin el acceso al agua y la tierra de las comunidades campesinas y nativas, las cuales vienen luchando porque se respeten sus derechos fundamentales. Una reserva importante de esas luchas es la cultura andina del agua que a lo largo de más de 500 años de dominación ha sabido sobrevivir adaptándose, tomando nuevos elementos y afirmando sus elementos más consistentes en relación al cuidado de la tierra y quienes en ella habitan.

Pedro Arrojo ha sostenido que se precisa valorar los aportes de otras culturas para crear una nueva cultura del agua, superando un enfoque reduccionista que solo ha visto en ellas “animismo cultural” o “supersticiones cargadas de temores”, y llamaba la atención sobre la necesidad de valorar los aportes de otras culturas, en las que más que temor a la naturaleza, lo que existe es un respeto

verdadero y profundo por la naturaleza, algo que tuvo que sacrificar la racionalidad mercantilista de los recursos naturales. Considero que la creación de una Nueva Cultura del Agua no puede sustraerse del estudio y aprendizajes de otros horizontes culturales, sino que estos han de considerarse como auténticas formas de conocimiento y de sabiduría a partir de las cuales podemos enriquecer y profundizar nuevos enfoques teóricos y diseñar nuevas políticas hidrológicas. Aportes como los de la cultura andina del agua pueden ser inspiradores para nuevos estilos de vida, y nuevos marcos institucionales con auténtico contenido de solidaridad social y de responsabilidad ecológica, sin los cuales la paz y la sostenibilidad ecológica de las naciones y del planeta entero nunca estarán aseguradas.

En la presente conferencia se desarrollan tres aspectos:

- a) Los impactos ambientales y culturales de las modernas actividades mineras sobre el agua y las comunidades de su entorno.
- b) Los elementos centrales de la cultura andina del agua en las comunidades de Perú.
- c) Los principales aportes de la cultura andina para el fortalecimiento de una nueva cultura del agua.

<sup>16</sup> Informe Anual 2008 sobre las 10,000 primeras empresas de Perú. Peru Top Publications. Diario La República, Lima. 17.07.2008

# EL PAPEL DE LOS MOVIMIENTOS SOCIALES EN EL CAMBIO DE PARADIGMA DEL AGUA

Joan Corominas Masip

## RESUMEN:

La gestión del agua esta resultando insatisfactoria para una parte importante de los usuarios y de muchos colectivos sociales. Los ciudadanos han perdido el recuerdo de los ríos en buen estado de conservación y sienten alarma cuando perciben que disminuyen las reservas de agua y pueden producirse restricciones, que merman su calidad de vida.

Esta situación no es exclusivamente española, sino que, con matices e intensidades diferentes, se está percibiendo en muchos países, tanto de los

más desarrollados como de los más desfavorecidos. El agua es un recurso esencial para la vida y los modelos de gestión tradicionales, en una época de gran crecimiento de la población mundial y desarrollo económico, acaban produciendo desigualdades en la capacidad de su uso y deterioro de su calidad y de los ecosistemas asociados a los ríos, lagos y al litoral.

# REFLEXIONES COMPARTIDAS PARA ORGANIZAR EN LA ESCUELA UNA ACCIÓN TRANSFORMADORA EN TORNO AL AGUA

Carmelo Marcén Albero

## RESUMEN:

Una lectura crítica de los cambios operados durante las últimas décadas en las conductas colectivas para la gobernabilidad del agua evidencia algunas luces y demasiadas sombras. Entre las primeras habría que destacar la apuesta generalizada por incluir el tratamiento del agua en los centros educativos y el crecimiento de asociaciones y redes de intervención para consolidar cambios en las conductas. Entre las segundas señalaríamos la escasa incidencia que han tenido a la vista de las problemáticas locales y globales de nuestros días, que condicionan la dinámica ambiental global y la supervivencia de muchos grupos sociales. En una aproximación rápida a las causas de esta inmovilidad se podría apuntar que las actuaciones educativas generadas dentro y fuera del marco escolar pueden tener carencias o soportar impedimentos externos que las condicionan. Un análisis sosegado requeriría conocer las variables que argumen-

tan dichas acciones para proponer una serie de requisitos que las hiciesen más efectivas. Para ello son precisos procesos investigativos múltiples que ayuden a concretar la importancia de los desarrollos curriculares en la educación obligatoria, de las actitudes que sustentan los escolares, de los materiales que se utilizan y de la formación del profesorado; así como la interdependencia de todos estos factores.

## PALABRAS CLAVE:

Educación obligatoria, programas de intervención, modificación de actitudes, investigaciones.

# AVANCES EN EL DESARROLLO DE CAPACIDADES PARA LA GESTIÓN INTEGRADA DE LOS RECURSOS HÍDRICOS Y EL ACCESO AL AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO

MA. Damián Indij

## RESUMEN:

La comunicación revisa el concepto de desarrollo de capacidades como un proceso dinámico, complejo, y continuo, fundamental para el logro efectivo de los nuevos paradigmas como la Gestión Integrada de los Recursos Hídricos (GIRH) y el alcance de metas universales como las Metas del Milenio.

Lo expuesto se basa en la experiencia de LA-WETnet, la Red Latinoamericana de Desarrollo de Capacidades para la Gestión Integrada del Agua, la cual forma parte de la Red Internacional CapNet PNUD (Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo).

En un contexto de enormes necesidades que afectan a billones de habitantes en todo el mundo y amenazan la sustentabilidad de distintos ecosistemas, es urgente encontrar soluciones efectivas y eficientes. A esto se suma el general bajo nivel de inversión en todas las formas de educación. Por ello, el artículo muestra cómo las redes de desarrollo de capacidades son una respuesta eficiente para asegurarse que los procesos de mejora en la gestión del agua estén sobre pilares de capacidades adecuadas.

Las redes de desarrollo de capacidades, como LA-WETnet, han surgido en los últimos años a nivel global como respuesta estratégica a la demanda de mayores habilidades y capacidades dirigidas a la implementación de la GIRH. Este tipo de re-

des constituyen alianzas regionales formadas por instituciones de relevancia como universidades, centros de recursos, asociaciones, ONGs, agencias de gobierno, y organismos de Naciones Unidas, involucrados y comprometidos con el desarrollo de capacidades en el sector del agua. El potencial e importancia de las redes de desarrollo de capacidades se basa en la experiencia, el nivel de las actividades, el alcance, y el conocimiento de sus miembros. El éxito de dichas alianzas radica en la habilidad de combinar todos estos valores y recursos y fortalecer la capacidad de cada miembro y de la red como totalidad.

La gestión del conocimiento resulta ser una herramienta estratégica que contribuye a lograr los objetivos organizacionales, no sólo a la red como entidad, sino a sus diferentes miembros. A través de la gestión del conocimiento en las redes se activa un ciclo continuo en el que se genera conocimiento, se adapta, comparte, y transfiere a los distintos grupos del sector del agua. El contenido del conocimiento cambia cuando éste se desarrolla y las demandas son atendidas, pero el ciclo crece positivamente otorgando relevancia y sustentabilidad a estas alianzas.

Por último, en la comunicación se presenta una tabla de avances y oportunidades en cuanto a los distintos componentes que hacen al desarrollo de capacidades.

# Taller de la búsqueda de la paz hidráulica

Mario Gaviria y Artemio Baigorri

## METODOLOGÍA

El Taller fue diseñado para la participación de treinta personalidades significativas en diversos ámbitos de acción, investigación o pensamiento, procedentes de todas las comunidades autónomas españolas, cuyos datos básicos se adjuntan en documento anexo.

Entre los días 22 de Julio y 1 de agosto se contactan y confirman las personas participantes. La urgencia de la convocatoria y las fechas imposibilitan la participación de algunas personalidades.

No obstante 29 personas, incluidos los coordinadores, participan finalmente en el Taller, a las que hay que añadir la participación inicial introductoria del alcalde de Zaragoza, Juan Alberto Belloch, el profesor Ramón Tamames y el directivo de Expozaragoza 2008 Jerónimo Blasco; quienes junto al ex-presidente de Aragón Santiago Marraco, el senador Francisco Javier Tuñón, el Defensor del Pueblo de Navarra Francisco Javier Enériz (quienes además siguieron participando durante todo el tiempo de duración del taller, pues su presencia se debía a su condición de participantes en el taller) hicieron exposiciones y propuestas introductorias.

Asimismo hay que señalar la participación de otros asistentes de gran significación en temas hidráulicos, como el aragonés Carlos Blazquez, así como participantes extranjeros en otras sesiones de Tribuna del Agua, procedentes de Argentina, Estados Unidos, Bélgica o Yemen.

La metodología inicialmente prevista (cuatro/cinco horas de debate por la mañana sin guión previo, en una sesión más analítica, y dos horas

por la tarde, en una sesión más orientada al diseño de propuestas de acción, centradas ya en los temas prioritarios aparecidos en la sesión de la mañana y en el diseño de propuestas) se vio sensiblemente impactado por los cambios en el calendario y el protocolo, que dejó reducido el tiempo real de debate en la sesión de la mañana a apenas una hora, lo que sin lugar a dudas ha reducido las posibilidades de expresión del conjunto de los participantes, y reducido en último término el potencial creativo del taller. Por otra parte, la apertura a la participación de visitantes extranjeros de la Tribuna del Agua generó la necesidad de traducción en algunos casos, lo que aún contribuyó en mayor medida a restar tiempo al previsto para los trabajos del taller.

El contenido ha sido en su totalidad grabado, constituyendo un documento que puede tener algún interés para los investigadores en temas hidrológicos.

Para la elaboración de la síntesis, conclusiones y propuestas se ha partido tanto de las notas tomadas durante la sesión, como de aportaciones enviadas luego por algunos de los asistentes, pues se invitó especialmente a quienes tuvieron menos ocasión de hablar a que expresasen por escrito las ideas y opiniones no verbalizadas en la sesión, o no suficientemente acotadas. Así lo han hecho Emilio Rico, Ignacio Rodríguez Amor, Javier Enériz, Josep Espluga, Cipriano Marin, José María Perea, Georgina Cortés, Mercedes Martínez y Regina Lafuente.

No obstante, como ocurre con las aportaciones hechas en la sesión, en la medida en que este documento es fruto de un acto de 'creación colectiva' esas ideas añadidas no son puestas en boca de sus autores/as.

## SÍNTESIS DE LAS APORTACIONES

En el informe se diferencia en primer lugar entre la sesión introductoria, marcada por los actos de protocolo, y la sesión de trabajo propiamente dicha. Así como se ha intentado diferenciar entre las aportaciones más analíticas y las propositivas.

### Sección introductoria /protocolaria

De alguna forma los términos del debate fueron establecidos por las intervenciones iniciales de carácter protocolario, realizadas en términos de mini-ponencia.

Así, el profesor Tamames, con la reivindicación de Lorenzo Pardo y su obra (especialmente las ideas más conocidas del ingeniero sobre la unidad de cuenca como instrumento de gestión, así como sobre la descompensación hidrográfica española), se puso en realidad sobre el tapete la cuestión de la interconexión del sistema hidráulico español y la conveniencia (implícita en el discurso de Tamames) de no satanizar términos como los de “trasvase”. Si a ello unimos la reivindicación (en cierto modo reinterpretación) de la teoría de Garrett Hardin sobre la tragedia de los comunes, de la que (de nuevo implícitamente) podríamos deducir la necesidad de que el agua, como uno de los comunes en riesgo como consecuencia del abuso individual/mercantil, pase definitivamente a control del Estado, como expresión (podríamos entender) de los intereses del bien común, esto es del conjunto de la población indiferenciada a la que pertenecen “los comunes”.

Pero fue especialmente la intervención del ex-presidente de Aragón Santiago Marraco la que marcaría la agenda y dejaría en cierto modo ya puestas sobre la mesa las propuestas de acción, en la medida en que abordó tanto un diagnóstico (atribuyó la actual situación más que de conflicto, dijo, de auténtica ‘gresca’, casi en exclusividad a los políticos en activo y sus réditos electorales) como una propuesta concreta, que a lo largo de la sesión fue perfilándose y quedó aceptada de forma generalizada: la de sellar un pacto hidráulico y que el

Senado, como cámara territorial, tomase cartas en el asunto. Las subsiguientes intervenciones en esa primera sección fueron en la misma línea de señalar a los políticos como responsables del estado de conflicto generalizado en torno al agua, y apuntaron directamente hacia propuestas de acción.

### Sesión de Trabajo

De ahí que la sesión de trabajo empezó su andadura discutiendo directamente sobre las propuestas planteadas en la sesión introductoria. Sin embargo, he intentado estructurar el informe en dos partes claramente diferenciadas, la analítica y la propositiva, rompiendo con ello el orden temporal de las exposiciones, pero ganando a cambio en legibilidad de las aportaciones.

### El diagnóstico

Se plantea en algunas de las intervenciones, y se recuerda en una de las notas post, que hay que tomarse las cosas con más calma, porque agua es casi sinónimo de conflicto, por lo que no puede esperarse en modo alguno que deben de existir, aunque sí ciertamente que se conviertan en casus belli, al menos en el espacio de civilización en que nos movemos. Llevamos, en España, más de dos mil años de pendencias (y, claro, arreglos, o no habríamos evolucionado) en torno al agua, al menos desde que tenemos noticia escrita: recién instalados los romanos en el que campamento que sería Caesar Augusta ya tuvieron que hacer de mediadores entre tribus enfrentadas por las aguas del Huerva, aguas arriba de esa Zaragoza que siglos más tarde enviaría sus mesnadas a destruir los azudes del Jalón. O sea, que hay que tener presente la propia etimología de la palabra rival, que procede de rivus, origen a su vez de nuestras palabras río y ribera, y que llega del término latino rivales (en plural, porque es un nombre colectivo, como los colectivos que hoy pugnan en torno al agua) con el que se denominaba a quienes tenían derecho al agua de un mismo arroyo.

Sobre esta base, poco podríamos esperar salvo aprender, de la propia experiencia colectiva, a gestionar bien esa conflictividad “natural”, inevi-

table. Lo que pasa es que, se advierte también, en los últimos años hemos dado un salto cualitativo importante. Si en sociedades civilizadas cabe esperar que los intereses implícitos en los conflictos se expresen en debates públicos, en España venimos asistiendo en los últimos años no tanto a un debate, como a una auténtica gresca. Una gresca generalizada entre territorios, tanto políticos (comunidades, provincias, comarcas, veguerías, municipios) como ecológicos (montañas receptoras, valles consumidores); entre grupos sociales (rurales, urbanos, agricultores, ecologistas<sup>18</sup>, ¿Estamos cerca de necesitar, de nuevo, a los romanos mediando entre las tribus locales rivales? En cierto modo esa idea de mediación sobre-elevada que ponen de manifiesto nuestros primeros conflictos históricamente documentados va a aparecer repetidamente a lo largo del taller, en la idea de la necesidad de una autoridad superior capaz de mediar, influir, determinar el curso de los conflictos.

Naturalmente que si tenemos en cuenta cómo terminaban en tiempos pretéritos algunos conflictos en torno al agua, o cómo terminan en otras sociedades, habría que compartir el diagnóstico más minoritario (aunque no existente) entre los asistentes: en realidad parece que está reduciéndose la intensidad de los conflictos, y estamos además en mejor situación para poder abordarlos. No sólo eso, sino que los conflictos son oportunidades (esta posición fue compartida por más participantes) para el cambio y la innovación.

Sea como sea, el conflicto hidráulico es multidimensional.

Afecta al ámbito político, en la medida en que se ha convertido en un arma estratégica para la captación de votos, pero también en la medida en que se considera, por parte de algunos analistas, que es fruto de carencias de participación, mientras que para otros es la consecuencia de un exceso de participación. Además, desde algunas intervenciones se apunta hacia decisiones

políticas concretas como desencadenantes últimos del conflicto: de la última andanada se señala explícitamente a la Ley de Aguas promovida durante la etapa de gobierno del Partido Popular, que por un lado privatiza de facto las aguas españolas (con las concesiones de 75 años), y por otro abre sin prevención alguna la espita de los trasvases.

Tiene, por supuesto, una dimensión técnica importante, en un sentido imprevisible, porque ha afectado ya a la credibilidad de las propuestas técnicas. Sobre todo en la medida en que los técnicos se han convertido, en no pocos casos, en cómplices de los políticos y predicadores que hacen del agua bandera. Y en este sentido se plantea una tibia, pero cierta autocritica por parte de quienes, en el proceso de construcción de un pensamiento ecológico, descentralizado, participativo, local... hayamos podido contribuir, a lo largo de las últimas tres décadas, justamente a dar argumentos ('armas' para las 'guerras') a quienes han construido artificiosas identidades en torno al agua. Tal y como se ha planteado en otros ámbitos políticos en los últimos tiempos (¿pagan impuestos los territorios, o las personas'), se pone de manifiesto la necesidad de discernir entre quienes son los actores con auténticos intereses en ese conflicto que se plantea en algunos territorios casi en términos étnicos (lo que indefectiblemente conduce a la articulación de sentimientos, es decir al triunfo de las creencias, y la irracionalidad).

Pero en este punto hay que decir que lo expresado (como ocurre de hecho en España cada vez que deben expresarse reflexiones vinculadas a los territorios) en la sesión es a menudo confuso, contradictorio incluso. Como se señalaba más arriba, para unos la descentralización está en la base del problema (siendo el último acto consecuencia de la misma las pretensiones de algunos Estatutos)<sup>19</sup>, mientras que para otros la descentralización, más descentralización incluso, es la base de la solución de los conflictos existentes. El oyente sólo puede preguntar-

<sup>18</sup> Los conflictos por los recursos son siempre de la misma naturaleza, como viene ocurriendo y ha sido analizado en el caso de conflictos por el suelo.

se si todo el mundo está hablando de lo mismo cuando se utiliza la palabra descentralización<sup>20</sup> .

La mayoría de quienes establecieron conclusiones, sea durante la sesión o en las notas post, parecen coincidir en unas cuantas cosas. Pudo observarse bastante unanimidad en el diagnóstico.

En primer lugar en que el problema del agua no es, hoy, técnico, sino un conflicto a tratar con las técnicas de resolución de conflictos. Partiendo de otra premisa en la que hay, lógicamente, plena coincidencia: el agua es un recurso clave; lo que, consideran algunos, explica la pervivencia de un cierto riesgo tecnocrático.

Pero luego surgen las dudas, los disensos. La unanimidad es en parte sólo aparente. Por ejemplo, el agua es clave, ¿pero para qué? ¿Cómo se establecen los usos prioritarios por encima del consumo humano?<sup>21</sup> ¿Y qué entendemos por consumo humano? Por ejemplo, se apunta en alguna intervención: el turismo de masas parece hoy una fuente de riqueza incuestionable en España, pero ¿será para siempre más importante que la agricultura? Es un fenómeno en realidad muy reciente (menos de medio siglo de existencia) cuyo futuro no podemos prever (ni de la actividad en sí, ni por supuesto del papel de España entre los primeros productores mundiales. ¿Pervivirá como potencia turística? Por otro lado, las tradicionalmente sacrosantas necesidades agrícolas, ¿lo siguen siendo cuando hay 'nuevas' especies vegetales mucho más eficientes hídricamente? ¿Y sobre

todo, a costa de quién?, cuando hoy sabemos, por ejemplo, que obras como el trasvase Tajo/Segura nunca llegará a estar totalmente amortizado por los usuarios. En suma, podríamos decir que se observó bastante unanimidad..., pero sólo aparente. De hecho, no son pocas las preguntas dicotómicas que podríamos considerar que en cierto modo quedan abiertas todavía:

- ¿Estamos mejor (hay menos conflictividad), o peor (estamos en una greca peligrosa)?
- No está claro que haya que buscar al precio que sea superar los conflictos
  - ▶ Los conflictos están en la base de la innovación, o de la decadencia social
- ¿Es un problema de falta de participación, o de falta de autoridad (nacional, superior)?
- ¿Es cosa de más ciudadanía, o de más leyes?
- ¿Son los partidos los responsables, o son la solución?<sup>22</sup>
- ¿Hay restos de tecnocracia o se está devaluando a los técnicos?

El lector habrá quedado perplejo en un sentido, sin embargo. Doblemente perplejo porque ni siquiera la llamada a la reflexión post ha generado aportes en esa dirección. En primer lugar, porque en ningún momento se ha debatido sobre el papel que determinados movimientos sociales, y la fetichizada Sociedad Civil, han jugado como desencadenantes de los conflictos más recientes. Y en segundo lugar, y estrechamente relacionado, tampoco se ha debatido sobre el papel jugado por los medios de comunicación de masas, muy especialmente por algunos.

<sup>19</sup> No hay que olvidar que, aunque la mayor parte de los conflictos tratados en la sesión son por el recurso, los conflictos hidráulicos, como muy bien se apunta en algunas de las notas post, no se producen únicamente por la distribución del recurso escaso, sino que son también conflictos de poder. El deseo de dominio de una cuenca es entonces una expresión de una voluntad de poder. Cabría leer algunos proyectos de Estatuto en esa clave, vienen a decir implícitamente algunas de las notas post.

<sup>20</sup> El oyente queda de hecho casi traumatizado a veces al escuchar la variedad terminológica, con términos a menudo confusos y siempre ambiguos, que se utiliza: o el abuso de términos mal traducidos tanto en su significante como en su significado (gobernanza, empoderamiento, etc.).

<sup>21</sup> El ex-presidente Marraco aportó un ejemplo paradigmático en su exposición inicial: en 1973 se pedía el trasvase de 1.400 hm<sup>3</sup>, sin los cuales Barcelona no sobreviviría. No se hizo el trasvase, y tras la crisis de aquella década el AMB siguió creciendo, y no se produjo ninguna crisis hídrica. De hecho, en el intento de 1993 se rebajaron las demandas a 1.300 hm<sup>3</sup>; no se hizo y nada pasó, el AMB siguió creciendo. En el intento del año 2000 se vuelven a rebajar las demandas, a 1.100 hm<sup>3</sup>; y sigue sin hacerse, y ni aún con la reciente micrisis ha ocurrido nada serio.

<sup>22</sup> Se afirma una y otra vez que se ha generado manipulación y confrontación, pero también se señala cómo, en un contexto de alianzas, la politización (entendida como gestión por los actores políticos) puede facilitar el llegar a plasmar en el ámbito legislativo los acuerdos.

## Las propuestas de acción

Naturalmente, las propuestas no fueron surgiendo en el orden en que aparecen expuestas. Aparecieron aquí y allá, a lo largo de las sesiones, salteadas entre análisis y debates. He intentado sistematizarlas y plantearlas en términos de secuencia de acción.

Hay consenso en la idea básica de que el momento preciso para abordar este tema es ahora, precisamente cuando ha bajado un poco la tensión en la 'guerra', anticipándose a un nuevo episodio (la idea de anticiparse, punto uno en cualquier manual básico de técnicas de resolución de conflicto, se plantea repetidas veces en la sesión).

### 1. HACIA EL PACTO DEL AGUA

Y hay consenso también, a juicio del oyente, en el concepto: Pacto del Agua, que tiene toda la carga semántica del pacto de Estado, como los pactos antiterroristas.

El problema que se plantea por algunas personas es que dicho proceso de pacto habría de empezar por un primer paso ineludible: "exigir" (se dice textualmente, pero no se especifica a quién) una tregua a todas las partes que están utilizando el agua como arma política, y según otros participantes eso es un imposible, porque implica perder votos.

### 2. DEFINIENDO LAS PARTES

El segundo paso consistiría en definir los intereses en conflicto, esto es delimitar claramente las partes. Pero, como ha quedado dicho supra, se repite en más de una ocasión, y por distintos participantes, que por "las partes" en modo alguno podemos seguir entendiendo "los territorios", porque eso es una mistificación de la realidad: los te-

rritorios no pagan impuestos, ni riegan, ni juegan al golf... Son las personas, los grupos de interés, y en términos de máxima abstracción (se repite en varias ocasiones, y vuelve a aparecer insistentemente en las notas post enviadas por algunas de las participantes) los modelos de desarrollo<sup>23</sup>.

Y esta delimitación de partes tiene varias implicaciones:

- Los conflictos son a varias bandas, como viene ocurriendo desde hace décadas en el caso de los conflictos por el uso del suelo
- Las alianzas en consecuencia pueden ser de geometría variable
- Se hace imprescindible prestar atención a dos tipos de demandas:
  - ▶ Explícitas: aquí entra el 'reparto' del agua
  - ▶ Implícitas: de tipo identitario (¿pero realmente hay que respetar esos componente pre-rationales, plantea alguna intervención? ¿Vamos a jugar también con el agua a los derechos históricos, a los derechos de los pueblos, de las etnias, de los clanes?, en suma se plantea lo delicado de dicha consideración)
- Metodológicamente se plantea para definir más fácilmente esas partes un principio de distanciamiento, que repetidas veces aparece bajo la forma de consideración y tratamiento de las cuencas nacionales tal y como si fuesen cuencas internacionales, esto es bajo los mismos principios de regulación que éstas. Alguna nota apunta, sin mucho convencimiento, al riesgo de profundización de los nacionalismos que ello implica, o de confederalización.

Tal vez la aparición del Senado como ente que permitiría lo que alguien define como "unión por elevación" (sic) resuelva ese dilema.

De hecho, el Senado se convierte, a partir de un momento dado, en omnipresente en el Taller.

<sup>23</sup> Nadie parece ser consciente, sin embargo, de que si hablamos de enfrentamiento entre modelos de desarrollo estamos hablando entonces de ideologías, legitimando por tanto la vuelta a la batalla política, y entonces, ¿para qué todo el viaje?.

En este sentido la stociología se ofrece como instrumento esencial para esta fase, identificando mapas de actores y las posibles alianzas entre los mismos para resolver el conflicto, para más fácilmente poder destacar los puntos en común, los supuestamente en desacuerdo y aquellos puntos que permiten trabajar por el acercamiento de posiciones, por esa unión por elevación<sup>24</sup>.

### 3. CONSTRUYENDO UN LIDERAZGO MORAL DESDE EL TERCER LADO

A lo largo de las sesiones se dieron repetidas referencias a la necesidad de construir un cierto liderazgo moral capaz de establecer límites, normas claras y aceptables para todos... A riesgo de olvidar que en realidad fueron y son los líderes la causa de las guerras hidráulicas, se insiste una y otra vez en el papel de las personas.

El esquema vendría a ser el siguiente:

Desde el Senado, como cámara territorial, se promovería lo que los expertos en resolución de conflictos definen como el Tercer Lado: una plataforma de personalidades capaces de crear discurso, de generar creencias consensuales respecto a determinados principios de regulación, administración y gestión hidráulica. Y cuando se dice personalidades se insiste, en alguna intervención, en que no se habla de representaciones (para eso está el propio Senado), sino de representatividad. Es decir, las personalidades proceden de todos los sectores, ámbitos, territorios, niveles, pero no los representan, aunque se supone que son representativas de dichos ámbitos socioeconómicos y/o culturales. Alguien atribuye nombre a la plataforma: Red Española de Reflexión Hidráulica (RERH).

Foro de negociación es también denominado. Se muestran las experiencias crecientes en este campo, entre las cuales los jurados deliberativos, Una vez en funcionamiento, esa RERH, o foro, de-

fine una hoja de ruta y construye un Decálogo de principios éticos que:

- No entran en los nudos gordianos del conflicto
- Permiten un acercamiento desde todas las posiciones
- Facilita una una “unión por elevación” (sic)
- Que define lo que une, y la parte de razón que cada parte tiene
- Que distinga entre fines y medios
- Sea capaz de promover el acuerdo de las dos principales fuerzas políticas

### 4. LA AUTORIDAD SUPERIOR

Sin embargo, hay que insistir en este punto porque en la sesión se insistió mucho en ello, se reivindica una y otra vez la autoridad superior, que se supone aplicaría los principios provenientes del Tercer Lado. Pero en la medida en que se plantea, en algunas intervenciones (y no se contesta dicho planteamiento) como no dependiente de partidos, han de surgir dudas determinantes. Pues entonces, ¿dependiente de quién? No se explicita..., aunque sí termina surgiendo un hermoso nombre, con aromas a New Deal: Autoridad Nacional del Agua.

Tampoco los ejemplos que surgen en el curso de la sesión ayudan mucho a restarle indefinición a la propuesta: Red Eléctrica y el Consorcio de Seguros. Se olvida que se trata de sociedades y organismos directamente controlados por el Ejecutivo, con presencia de los agentes económicos afectados (productores, distribuidores, usuarios).

Pero sí están claras, no obstante, las justificaciones pragmáticas que se hacen en favor de esa autoridad superior. En alguna ocasión incluso se habla en prosa sin saberlo, podríamos decir: se argumenta, por ejemplo, la importancia que tiene, en el marco de la Sociedad Riesgo, que los consumidores puedan consumir en un recurso tan estratégico como el agua. No por su escasez, sino por su calidad. Se considera que las Confederaciones Hidrográficas han conseguido dar esa tranquilidad al usuario.

<sup>24</sup> También se ofrece la Sociología como articuladora de experiencias innovadoras que podrían ser de aplicación en estas fases del proceso, como son los Jurados Ciudadanos, evolución natural del método de la Encuesta Deliberativa.

No es extraño que ante esta propuesta se hayan producido respuestas en el sentido de afirmar que todo eso ya lo tenemos. Tenemos -se dice por parte de algún participante- un Ministerio regulador y una Ley de Aguas (la de 1985) bastante sensata. Y si las Confederaciones (se afirma por más personas) dieron solución/servicio durante más de medio siglo, ¿por qué devaluarlas?, ¿por qué no usarlas? Aunque por otra parte -se pregunta el lector a tenor de otros comentarios vertidos durante la sesión, al observar una nueva contradicción, o al menos ambigüedad-, ¿no estaban justamente ahí algunos de los residuos más peligrosos de la tecnocracia hidráulica?

## 5. NO INVENTAR LA RUEDA: APLICAR MODELOS EXITOSOS

Un poco en esa línea del todo-eso-ya-lo-tenemos giraron algunas de las intervenciones a lo largo de la sesión. Alguien lo expresó así: “Pero si ya hay mucha paz hidráulica; sólo tenemos que extenderla”.

En algunos casos se exponen los propios éxitos en la resolución de conflictos concretos, y se apunta que bastaría aplicar el método que en esos conflictos concretos ha funcionado a todos los casos (¿es lo mismo un conflicto entre huertanos y embalsadores que uno entre ecologistas y promotores de campos de golf, o que otro entre agricultores y refrigeradores de centrales nucleares?). Se profundizará por ello mucho, como veremos en un próximo apartado, en las técnicas de resolución de conflictos.

Pero también se presentan como modélicos no las particulares habilidades, sino instituciones con siglos de tradición, como el Tribunal de las Aguas. Se presentan fuertes argumentos para hacer del mismo un modelo a imitar, lo que es valorado positivamente en otras intervenciones. Naturalmente, se obvia que se trata de conflictos en los que las partes tienen, en general, códigos culturales compartidos, objetivos en general coincidentes: fun-

damentalmente, regar. ¿Pero pueden llegar a tener códigos culturales compartidos los regantes expectantes del infausto Canal de la Margen Derecha del Ebro, por ejemplo, y los hoteleros levantinos?

Surgieron a lo largo de la sesión otras expresiones de la misma idea.

En unos casos se lo llama “aprender de las culturas que funcionan”, otros hablan de identificar “comunidades inteligentes” que saben evitar los conflictos. Se señalan ejemplos, como las Redes de Reservas Naturales que han aprendido a superar las fracturas que el establecimiento de criterios estrictos de conservación puede generar en o entre las comunidades.

Las islas con riqueza de recursos naturales, pequeños universos cerrados (aunque abiertos, no debe olvidarse, a las transferencias en forma de subsidios, lo que hace difícilmente generalizable el modelo), se ofrecen también como un ejemplo a seguir.

## 6. HACIENDO CUENTAS

Curiosamente, y a pesar de que ha quedado establecido que buena parte de los conflictos del agua responden a intereses básicamente económicos, el aspecto económico aparece poco a lo largo de las sesiones. Podría decirse que al estar amparados por el sueño kantiano de la paz universal, la asamblea no se sentía tentada por las materialidades, pero lo cierto es que el idealismo kantiano descansa en un fuerte pragmatismo.

Quizás por ello los aspectos económicos aparecen en ese sentido pragmático: se propone, como ya ha quedado apuntado, premiar en términos económicos a quienes (actores, colectivos, territorios) sean capaces de resolver los conflictos.

Y en un sentido aún más pragmático: se plantea que a menudo todo es cuestión de acertar en las compensaciones; aunque no queda claro a quién

hay que compensar: ¿a quien le llueve, como se argumentaba hace tres décadas, justamente alimentando con ello graves conflictos territoriales?, ¿a quien es inundado de tiempo en tiempo?, ¿a cualquier que tenga alguna expectativa de uso?, ¿al Estado...? En suma, ¿de quién es el agua?.

En otras intervenciones y notas post se plantea más crudamente en términos de precio del recurso: si cada cual paga lo que vale, se acaban los problemas. Pero, dando por hecho lo determinante que ha sido la aplicación de precios más cercanos a los costes para la implantación de medidas de ahorro, se plantean dudas: ¿eso terminaría realmente con los conflictos, o simplemente pondría el agua en manos de los poderosos? ¿Va a ser el precio del agua un limitante a determinados proyectos cuando en los mismos ese input es una partida insignificante?

## 7. APLICAR LAS TÉCNICAS DE RESOLUCIÓN DE CONFLICTOS

Pero si hubo un ámbito temático que ocupó una parte importante del tiempo de las sesiones, especialmente en lo que a propuestas se refiere, fue el de las técnicas de mediación y resolución de conflictos. Una y otra vez aparecieron los conceptos fundamentales de la teoría, así como las propuestas de acción. Reunificando todo lo planteado, podríamos unificar teoría y praxis en un conjunto de principios más o menos repetidos y aceptados:

- Anticiparse a las crisis, dando por supuesto que van a existir
- Aceptar el conflicto, lo que implica:
  - ▶ Querer resolverlo de manera pacífica
  - ▶ Compartir principios para que el diálogo sea posible
    - Lo que significaría, se apunta en algún momento, empezar por definir lo que cada cual entiende como “estado de paz hidráulica”
    - ▶ Verlo como oportunidad
    - ▶ Utilizarlo como instrumento para la innovación

- Gestionar el conflicto implica:
  - ▶ Se insiste repetidamente en la no ingenuidad de la política
    - ...aunque no se explicita qué significa eso: ¿desde el Senado, o no?
  - ▶ Hacer una gestión cooperativa (¿se refiere a que participada por todas las partes?) del conflicto
    - Lo que exige crear estructuras de participación
    - ▶ Promover de cultura de paz
      - ...lo que (ojo) implica lucha contra la desigualdad... porque si no - se alega- la paz es a costa de alguien
      - La Educación para la Ciudadanía es un instrumento inigualable con el afortunadamente contamos para sembrar esa cultura de paz entre la ciudadanía que en el futuro ha de enfrentarse a nuevos conflictos
- Deberían por tanto introducirse estos temas, para que los jóvenes aprendan no sólo por la parte ética, sino de comprensión de los procesos sociales
  - Este esfuerzo debería tener consecuencias: la priorización de inversiones allí en donde hay acuerdo
    - ▶ ...o al menos proyectar como ejemplo a quienes lo consiguen

Hay quien resume lo visto en un sólo punto, en algunas notas post más extendido en lo que significaría, que podríamos sintetizar con los términos honestidad y sostenibilidad: bastaría -dice alguna propuesta- con que se aplique con honestidad la Directiva Marco en las cuencas. Algo que, lógicamente, sólo puede hacerse -se cierra el círculo- desde aquella Autoridad Superior.

## PROPUESTAS RESOLUTIVAS

Todo lo visto podría sintetizarse en las siguientes propuestas de acción:

1. Elevar al Senado la demanda para que desde ese órgano de representación territorial se haga a los partidos políticos y gobiernos regionales una llamada a una larga tregua hidráulica, hasta que

queden establecidos mecanismos de equidad, justicia y sostenibilidad para el abordaje de los conflictos existentes o potenciales.

**2.** Se cree un órgano capaz de establecer una reflexión des-prejuiciada y des-interesada respecto a los fundamentos del uso y gestión del agua en España, y capaz de proyectar con autoridad moral el resultado de su reflexión. Un órgano que sea capaz de dar voz a todas las partes interesadas, para conocer democráticamente todas las demandas existentes o potenciales.

**3.** Se acuerde hacer del agua un asunto de Estado, comprometiéndose los partidos con representación política en las instituciones del Estado, a todos los niveles, a no utilizar el agua como elemento identitario o con fines electorales

**4.** Se dé forma a una Autoridad Nacional del Agua que (¿por mandato parlamentario, y a la manera de los órganos de gobierno de los jueces, o el consejo de RTVE?) establezca los criterios de gestión del recurso.

**5.** Que la asignatura Educación para la Ciudadanía incorpore contenidos relacionados con la gestión del agua, la Directiva Marco y los conflictos hidráulicos.

**6.** Que todas las administraciones públicas establezcan el acuerdo de potenciar/favorecer las inversiones públicas en materia de infraestructuras relacionadas con el agua en aquellos espacios que sean modélicos en lo que a la gestión de intereses encontrados se refiere.



Semana Temática 9

# AGUA Y ENERGÍA

[ Agua para la Energía y Energía para el Agua  
Fuentes Energéticas no Convencionales ]



# Documento de síntesis

Coordinador General:

**Gonzalo Sáenz de Miera.** Universidad Antonio Nebrija

Coordinadora Adjunta:

**María Mendiluce.** Universidad de Comillas

## INTRODUCCIÓN

A lo largo de la historia el agua y la energía han sido un motor del crecimiento económico y el desarrollo humano y seguirán desempeñando un papel fundamental en el futuro, en un contexto caracterizado, por un lado, por las crecientes presiones demográficas y, por otro, por los procesos de cambio climático.

Las relaciones entre estos dos recursos básicos han tendido a analizarse hasta el momento únicamente desde el prisma de la generación hidráulica, considerando el agua como una valiosa materia prima para producir electricidad. Sin embargo, es evidente que su vínculo va mucho más allá, es mucho más profundo:

- **El agua es vital para la extracción, transformación y uso de la energía;** se utiliza como factor productivo en la generación hidroeléctrica y como instrumento de refrigeración en todos los procesos térmicos de generación. Hasta tal punto es importante que el sector eléctrico es actualmente, después de la agricultura, el principal usuario de agua en las economías avanzadas.

- **La energía es imprescindible en el sistema hídrico:** para su bombeo, transporte y distribución; en los procesos de desalación; para su tratamiento y depuración y para su uso final doméstico, agrario e industrial.

Además, una característica común al agua y a la energía es que se rigen por modelos insostenibles.

- El modelo actual del sector energético está basado en los combustibles fósiles y en el crecimiento constante de la demanda, y es el responsable de la transformación y el uso de la energía de dos tercios de las emisiones de gases de efecto invernadero.

- El modelo de gestión del agua está basado en un uso intensivo del recurso y en un crecimiento exponencial de la oferta que estos momentos muestra claros signos de insostenibilidad en lo que se refiere a los procesos de degradación de los recursos y de sobreexplotación de acuíferos.

Actualmente, los procesos de cambio climático han agudizado aún más el problema acrecentando la necesidad de introducir criterios de sostenibilidad en la utilización de los recursos energéticos e hídricos. Y esta situación crítica habrá de llevar al desarrollo de respuestas integradas que aprovechen las importantes sinergias en las “nuevas culturas” del agua y la energía.

Los actuales desafíos deberían conducir a la elaboración y definición de escenarios de futuro viables y sostenibles en el ámbito de la energía y del agua que permitan garantizar el acceso universal a estos recursos (hoy en día 2.000 millones de personas no tienen acceso al agua y a servicios energéticos modernos), básico para el progreso y el desarrollo económico, sin que ello suponga un deterioro de los actuales problemas ambientales y de seguridad.

España es un país especial para estudiar esta problemática conjunta agua-energía. Por un lado,

se trata de un país en donde el consumo energético ha crecido de forma importante en la última década, empujado por un crecimiento económico sustancialmente superior al de los países de nuestro entorno. Por otro, en España el agua es un bien escaso, por lo que cobran más sentido las políticas y hábitos de consumo responsable y de gestión eficiente de los recursos. Con estas premisas, es necesario realizar un ejercicio de prospectiva energética para averiguar cuáles serán las necesidades energéticas de las próximas décadas, cómo vamos a cubrirlas, y cuáles van a ser los consumos hídricos asociados a esta producción energética. Este análisis nos permitirá responder a las inquietudes sobre la seguridad de suministro de estos recursos y la viabilidad ambiental del crecimiento de su demanda.

La relación entre agua y energía es tan íntima, tiene un impacto de tal calado en la economía y el bienestar de nuestras sociedades, que debería constituirse en el centro de una atención muy especial por parte de los poderes públicos y ser objeto de un análisis detenido y riguroso por parte la industria, las instituciones académicas y la sociedad civil. Sin embargo, a día de hoy se trata de una cuestión insuficientemente analizada y valorada en la elaboración de las políticas sectoriales.

En este documento se analizarán estas cuestiones realizando en primer lugar un análisis de la relación que el agua y la energía han tenido y tienen con el desarrollo económico, con especial atención al caso español. En segundo lugar se analizará la insostenibilidad de los modelos de agua y energía y las consecuencias que éstas tienen sobre la seguridad de suministro y el medio ambiente en nuestro país. En tercer lugar se plantearán una serie de recomendaciones de políticas integrales para España, para finalizar con una serie de conclusiones.

## 1. LA RELACIÓN AGUA Y ENERGÍA

### 1.1 Agua y energía como motor del desarrollo económico

Agua y energía son dos elementos esenciales para el desarrollo humano. Sin agua no es posible la vida para el hombre, que depende de ella tanto para su supervivencia como para su bienestar físico, económico, social y cultural. El acceso a la energía fomenta el desarrollo económico, y mejora las condiciones de vida al posibilitar la provisión de servicios sanitarios, educativos y de tecnologías de la información y la comunicación.

La energía permite obtener agua en la calidad y la cantidad necesarias tanto para su consumo humano como para la actividad productiva. Por su parte el agua es un elemento importante en los procesos energéticos.

La disponibilidad de agua y de energía ha sido el motor del crecimiento económico de las economías occidentales en los últimos siglos. Las infraestructuras realizadas en estos países desde la segunda Revolución Industrial han permitido un acceso seguro a agua y energía de calidad, fundamentalmente eléctrica, lo que ha contribuido a un crecimiento económico sin precedentes.

La falta de acceso a estos recursos en países menos avanzados les ha llevado, inevitablemente, a situaciones de pobreza extrema: a día de hoy, hay más 1.000 millones de personas que carecen del acceso al agua potable y casi 2000 millones la consumen sin un saneamiento adecuado.

- La Organización Mundial de la Salud estima que un tercio de las muertes en todo el mundo se debe a la ingestión de agua contaminada y que la mitad de la población del planeta está expuesta a enfermedades derivadas del consumo de agua no adecuada. Se calcula que la diarrea mata a más de 3 millones de niños al año.

- 2.400 de personas, esto es, un tercio de la humanidad, no tienen acceso a las formas avanzadas de energía: electricidad o combustibles líquidos

o gaseosos. Para proveerse de necesidades primarias como la luz o el calor siguen recurriendo a la combustión de madera, residuos y excrementos animales, propia de sociedades preindustriales.

- La falta de acceso a estas formas avanzadas de energía, en especial a la electricidad, impide el disfrute de tecnologías clave en la provisión de servicios básicos para la vida, como el agua potable, la luz o la sanidad, o a factores clave para el desarrollo como la educación o las telecomunicaciones o los servicios informáticos.

- Además, de acuerdo con datos proporcionados por el Banco Mundial, cinco millones de personas mueren cada año en estos países en vías de desarrollo por respirar el humo de la combustión de la biomasa en los hogares.

El acceso al agua limpia, al saneamiento, y a formas avanzadas de energía y de servicios energéticos (que a su vez mejoran el acceso al agua al permitir su bombeo, transporte, depuración, desalación, etc.) tiene un impacto positivo transversal sobre todos los Objetivos de Desarrollo del Milenio: reducen la pobreza extrema, facilitan el acceso a la educación y a la igualdad de género, reducen la mortalidad infantil y materna, mejoran las condiciones sanitarias y, en general, contribuyen al desarrollo económico y social.

Las características geográficas y climatológicas de los países y regiones definen en gran medida los límites naturales, en términos de recursos naturales, de los que disponen para su desarrollo, provocando grandes diferencias entre regiones. De particular importancia para nuestro país es el caso del arco mediterráneo. El estrecho de Gibraltar, junto con la frontera entre EEUU y México, es la frontera que separa de forma más marcada dos realidades muy diferenciadas tanto socio-culturales como de desarrollo económico.

Si bien es verdad que en los últimos años los países norte africanos<sup>26</sup> han elevado su bienestar económico, el diferencial con los países mediterráneos de la UE<sup>27</sup> no se ha reducido si no que en muchos casos incluso ha aumentado. El

agua y la energía, son dos factores limitantes para los países del norte de África, especialmente el agua, puesto que Libia, Argelia y en cierta medida Egipto, disponen de importantes reservas de combustibles fósiles. (Willtedt, 2008)

El futuro desarrollo de los países de esta región dependerá en gran parte de su capacidad de hacer frente al reto de satisfacer sus necesidades de agua y de electricidad, para una población cada vez más urbana que podría incrementarse en alrededor 40 millones en 20 años. Por otra parte los posibles cambios climáticos que ocurran a lo largo de este siglo XXI podrían empeorar la ya crítica situación de los recursos hídricos para la región. (Willdnest, 2008)

En definitiva, la disponibilidad de agua y la energía son, y lo serán más aún en el futuro, los factores limitantes del crecimiento económico y del desarrollo humano en todo el mundo, especialmente en aquellas áreas especialmente vulnerables a los impactos del cambio climático.

## 1.2. Necesidades de recursos hídricos en el sector energético

La demanda de agua para uso energético puede agruparse en dos tipos: demanda de uso, que consiste en su simple circulación que luego se reincorpora al cauce medio, y demanda de consumo, que se produce cuando el agua deja de estar disponible en su estado original, ya sea por su evaporación, porque se ha contaminado o porque ha sido incorporada a otros productos.

Cada una de las fases del ciclo de producción de energía necesita agua para su realización: extracción y producción, generación eléctrica, refinado y procesado, transporte y almacenamiento. Estos procesos pueden causar efectos sobre la cantidad de agua disponible para otros usos, pero también puede afectar sensiblemente a la calidad del recurso. En el cuadro siguiente se resumen los efectos de la producción y uso de la energía sobre el agua, según el Departamento de Energía de EEUU (US DOE, 2006):

<sup>26</sup> Marruecos, Argelia, Túnez, Libia y Egipto.

<sup>27</sup> España, Francia, Italia y Grecia

Tabla 1. Agua para la energía

| Fase del ciclo energético                                   | Cantidad de agua  | Calidad del agua  |
|---|---|---|
| Extracción y producción                                     |   |   |
| Exploración de gas y petróleo                               | Agua para perforar, fracturar y completar                       | Impacto en la calidad del agua subterránea                                    |
| Extracción de gas y petróleo                                | Grandes volúmenes de agua producida, contaminada                | El agua producida puede contaminar las aguas subterráneas y de superficie     |
| Minería del carbón y el uranio                              | La minería puede generar grandes cantidades de agua contaminada | Los residuos y drenajes pueden contaminar el agua subterránea y de superficie |
| Generación eléctrica  |   |   |
| Termoeléctrica (fósil, nuclear, biomasa, solar, geotérmica) | Agua de refrigeración y limpieza                                | Contaminación de aguas por vía atmosférica y térmica                          |
| Hidroeléctrica  | Pérdidas por evaporación  | Impactos sobre la temperatura, calidad y ecología del agua                    |
| Fotovoltaica y eólica                                       | Pequeños impactos durante la construcción                       |   |
| Refino y procesado  |   |   |
| Refino de petróleo y gas                                    | Agua para el refino   | Posibles problemas de contaminación   |
| Biocarburantes  | Agua para cultivo y refino                                      | Aguas residuales en el refino y el cultivo                                    |
| Hidrógeno y combustibles sintéticos                         | Agua para síntesis o reformado                                  | Aguas residuales  |
| Transporte y almacenamiento                                 |   |   |
| Gas- y oleoductos   | Agua para pruebas hidrostáticas                                 | Aguas residuales  |
| Residuos de carbón  | Agua para el transporte   | Aguas residuales  |
| Transporte en barco   |   | Accidentes  |
| Almacenamientos subterráneos de gas y petróleo              | Agua para la preparación del almacenamiento                     | Lodos   |

El agua se utiliza, en grandes cantidades, para la extracción de petróleo y en los sectores de la minería del carbón y del uranio. El refino del petróleo es una de las actividades industriales más intensivas en el uso del agua. El agua se consume en forma de vapor a altas presiones (calentado por gas natural), que es necesario para separar el petróleo pesado de la arena, en especial de las arenas bituminosas. En este uso se considera que toda el agua utilizada es consumida, generalmente por el nivel de contaminación que alcanza, que hace imposible su vuelta al cauce o medio original. El transporte

y almacenamiento de gas y petróleo requiere de la utilización de agua para pruebas hidrostáticas. También se necesita agua en la preparación de los almacenamientos subterráneos de gas y petróleo.

Para la generación de electricidad el agua se utiliza en las centrales térmicas para mover el sistema de turbina-alternador y producir electricidad. Todas las centrales térmicas utilizan el mismo principio; en general sólo cambia en función del combustible primario utilizado para producir va-

Tabla 2. Consumo específico de agua para la extracción y refino de combustibles fósiles (miles de m<sup>3</sup> por Mtep)

|                                  | Mínimo | Máximo |
|----------------------------------|--------|--------|
| Minería del uranio               | 1.667  | 1.667  |
| Minería del carbón               | 6.042  | 8.333  |
| Extracción de petróleo           | 125    | 29167  |
| Refino de petróleo               | 1.042  | 5.000  |
| Extracción de arenas bituminosas | 7.500  | 7.500  |
| Procesado del gas                | 250    | 250    |

Fuente: Gleick (1994)

por a partir del agua (uranio, carbón, gas, biomasa, radiación solar). Junto a esto, el agua también se utiliza para la refrigeración de estas mismas centrales, ya sea por ciclos abiertos o cerrados.

En el caso de la energía hidráulica, el agua se utiliza como materia prima; en su caída entre dos niveles del cauce se hace pasar por una o varias turbinas las cuales transmiten la energía a un alternador en el cual la convierte en energía eléctrica.

Se considera un uso no consuntivo porque suele mantenerse en el cauce original y no sufre alteraciones significativas de su temperatura.

La flexibilidad del funcionamiento de las centrales hidroeléctricas es muy valiosa puesto que permite compatibilizar de forma casi instantánea la producción y la demanda de electricidad. Además, las centrales que cuentan con un embalse regulador, en el que se puede almacenar agua,

Tabla 3. Uso y consumo específico de agua para la generación de electricidad (m<sup>3</sup> por GWh)

|                               | Uso    |         | Consumo |        |
|-------------------------------|--------|---------|---------|--------|
|                               | Mínimo | Máximo  | Mínimo  | Máximo |
| Térmica ciclo abierto         | 75.700 | 190.000 | 1.100   | 1.100  |
| Térmica ciclo cerrado         | 1.100  | 2.300   | 1.100   | 1.800  |
| Nuclear ciclo abierto         | 94.600 | 227.100 | 1.500   | 1.500  |
| Nuclear ciclo cerrado         | 1.900  | 4.100   | 1.500   | 2.700  |
| Ciclo combinado ciclo abierto | 28.400 | 75.700  | 380     | 380    |
| Ciclo combinado ciclo cerrado | 870    | 870     | 680     | 680    |
| Geotérmica                    | 7.400  | 7.400   | 5.180   | 5.180  |
| Solar térmica                 | 2.775  | 3.404   | 2.775   | 3.404  |
| Hidráulica                    |        |         | 5.400   | 26.000 |

Fuente: EPRI (2002)

permiten la producción de éstas en los momentos “picos” de mayor demanda y aseguran el funcionamiento estable del sistema. La complementariedad o efectos sinérgicos del binomio electricidad-agua es especialmente enorme y ha llevado al máximo la puesta en funcionamiento de centrales reversibles, que permiten un funcionamiento alternativo de las centrales, bien como turbinas bien como bombas, entre dos embalses reguladores (Yagüe, 2008).

En cuanto a los biocarburantes, el consumo de agua se produce fundamentalmente en la fase de cultivo, siendo el consumo en el refinado similar al del petróleo. El consumo es muy variable en función de la materia prima utilizada. Otro aspecto a considerar es si el cultivo en cuestión está sustituyendo o no a cultivos previos, en cuyo caso la demanda de agua de los biocarburantes debería calcularse como la diferencia entre la situación anterior y la actual. Así, se podría dar incluso la situación de que la sustitución de cultivos alimentarios por cultivos para biocarburantes redujera la demanda de agua. (Linares)

Existen otras alternativas energéticas todavía en un grado de desarrollo incipiente que podrían alterar el balance hídrico del sector energético como la producción de hidrógeno por electrólisis.

### 1.3. Necesidades energéticas del ciclo integral del agua

Por su parte, la energía desempeña un papel vital en el suministro de agua, hasta tal punto de que no sería posible ofrecer a los ciudadanos un suministro de calidad sin la disponibilidad de energía. El ciclo de suministro y uso del agua tiene su origen en la extracción de agua de una fuente, ya sea un acuífero subterráneo, aguas superficiales, mediante desalación o reutilización de aguas sometidas a procesos de purificación. Una vez obtenida se transporta a través de un complejo sistema de infraestructuras de transporte, muy heterogéneo en función de las características del terreno, hasta llegar al punto de tratamiento donde se somete a los productos químicos y procesos necesarios para su uso final, que puede ser agrícola, industrial y urbano. El uso del agua conlleva en

mayor o menor medida cierto grado de deterioro de su calidad, generándose aguas residuales que, cada vez más, se someten a tratamiento posterior antes de ser liberadas a los cauces.

Un estudio de referencia realizado por la Comisión de la Energía de California en 2005 ha cuantificado la relación entre agua y energía en un 19% del consumo eléctrico de este Estado y un 30% de consumo de gas está relacionado con el uso del agua.

En el caso español, el reparto de competencias no permite una gestión integral del consumo energético del ciclo completo del agua. En el caso de las aguas superficiales, que satisfacen alrededor del 76% de los usos de agua, los servicios de captación, embalse y transporte en redes principales de aguas superficiales son prestados por las Confederaciones Hidrográficas en las cuencas intercomunitarias y por las Comunidades Autónomas en las cuencas intracomunitarias. (Yagüe, 2008)

Por su parte, las aguas subterráneas aportan alrededor del 20% de los usos de agua, y son generalmente los propios usuarios (Municipios, Comunidades de Regantes o regantes individuales) los que realizan las tareas de extracción, embalse y distribución. Los servicios de abastecimiento (tratamiento y distribución de agua potable), los de recogida y depuración son competencia municipal y, a veces, de las Comunidades Autónomas. Los servicios de distribución de agua de riego son prestados por colectivos de riego o comunidades de regantes. (Yagüe, 2008)

Junto a estos recursos naturales, en las últimas décadas han cobrado fuerza los recursos no convencionales como las aguas regeneradas y las desaladas.

Una primera valoración del consumo energético asociado al ciclo del agua en España debe partir de la demanda de agua que, de acuerdo con las estimaciones de los planes de cuenca vigentes de 35.000 hm<sup>3</sup>/año, de los cuales un 68% corresponde al regadío, un 18% al abastecimiento

a poblaciones e industrias, y el 14% restante se destina a la refrigeración de centrales productoras de energía (MIMAM, 2000).

Si se consideran unos consumos energéticos unitarios de 3 kWh/m<sup>3</sup> para el ciclo integral del agua y de 0,2 kWh/m<sup>3</sup> mostrados en la tabla 3 para el regadío, la demanda de energía eléctrica que el manejo del agua requiere en España es la

mostrada por la siguiente tabla. (Cobacho, 2008). Así, el consumo energético medio asociado al ciclo del agua en España ascendió a 24.000 GWh que representa en el año 2005 en torno a los 223.000 GWh, lo cual supone algo más del 10% del consumo total en España.

El aumento del peso de la desalación por la escasez de agua en nuestro país, tiene un impacto

Tabla 44. Demanda estimada de energía eléctrica ligada al uso del agua en España

| Uso                 | Demanda de agua             | Consumo unitario medio | Energía necesaria |
|---------------------|-----------------------------|------------------------|-------------------|
| Urbano e Industrial | 6.300 hm <sup>3</sup> /año  | 3,0 kWh/m <sup>3</sup> | 18.900 GWh        |
| Riego               | 23.800 hm <sup>3</sup> /año | 0,2 kWh/m <sup>3</sup> | 4.760 GWh         |

Tabla 5. Consumo de energía en regadíos, agricultura y pesca por autonomías (MAPA, 2002)

| Comunidad Autónoma | Regadíos   |         |         |         | Agricultura y Pesca |          |         |
|--------------------|------------|---------|---------|---------|---------------------|----------|---------|
|                    | Bombeos    |         | Labores | Total   | Consumo             | Consumo  | Consumo |
|                    | Eléctricos | Gasoil  | Gasoil  | Gasoil  | Energía             | Gasoil   | Energía |
|                    | MWh        | tm      | tm      | tm      | Ktep                | tm       | Ktep    |
| Andalucía          | 530863     | 48047   | 108505  | 156552  | 270                 | 467191   | 581     |
| Aragón             | 103.254    | 7.058   | 55568   | 62626   | 85                  | 177389   | 199     |
| Asturias           | 0          | 104     | 377     | 481     | 0                   | 52492    | 52      |
| Baleares           | 21.961     | 1.901   | 2360    | 4281    | 9                   | 36800    | 41      |
| Canarias           | 139.294    | 9.419   | 4.061   | 13.480  | 43                  | 49.210   | 79      |
| Cantabria          | 39         | 99      | 356     | 455     | 0                   | 36.842   | 37      |
| C. la Mancha       | 595.817    | 22.044  | 49.047  | 71.091  | 198                 | 301.970  | 429     |
| C. León            | 190.330    | 27.627  | 67.866  | 95.493  | 136                 | 436.927  | 476     |
| Cataluña           | 46.221     | 14.334  | 36.663  | 50.998  | 61                  | 286.221  | 296     |
| Extremadura        | 58.686     | 13.813  | 29.309  | 43.122  | 56                  | 95.567   | 108     |
| Galicia            | 525        | 3.260   | 11.793  | 15.054  | 15                  | 413.306  | 413     |
| Madrid             | 10.111     | 1.710   | 3.804   | 5.514   | 8                   | 81.953   | 84      |
| Murcia             | 543.652    | 15.226  | 27.238  | 42.484  | 159                 | 85.507   | 202     |
| Navarra            | 26.281     | 1.450   | 11.416  | 12.866  | 18                  | 44.053   | 50      |
| País Vasco         | 2.953      | 519     | 1.878   | 2.398   | 3                   | 137.211  | 138     |
| Rioja              | 7.353      | 864     | 6.803   | 7.667   | 9                   | 32.557   | 34      |
| C. Valenciana      | 589.868    | 14.903  | 48.556  | 63.459  | 190                 | 214.691  | 341     |
| TOTAL              | 2.867.228  | 182.399 | 465.601 | 648.000 | 1.261               | 294.9884 | 3563    |

importante sobre la factura energética. La energía mínima que se necesita para desalar, considerando los pre tratamientos necesarios y los rendimientos en bombas y membranas, está en el entorno de los 3,5 KWh/m<sup>3</sup>(Zorrilla, 2008). Esto supone doblar el consumo energético por m<sup>3</sup> cuando el agua proviene de esta fuente.

La conclusión es que la dependencia energética del sector del agua es un aspecto cada vez más importante, no sólo por el crecimiento del consumo energético sino también por el aumento de los costes que afectarán cada vez más a los usuarios, a medida que se avance en la implantación del principio básico de recuperación de costes de la Directiva Marco del Agua (Yagüe, 2008).

## 2. ANÁLISIS PROSPECTIVO DE LA RELACIÓN AGUA Y ENERGÍA

### 2.1. El agua como potencial elemento limitante en la prospectiva energética

Las demandas de agua para el sector energético en las grandes regiones del mundo no son en la actualidad muy significativas con respecto al aporte total, salvo en el caso de Oriente Medio donde, fundamentalmente debido a la escasez del aporte anual de agua, el incremento de

la demanda de energía previsto para 2030 en el escenario de referencia puede comprometer la satisfacción de otras demandas. (Linares, 2008)

Sin embargo, es conveniente señalar que, si bien en algunos casos los aportes de agua pueden ser significativos, lo realmente relevante es el consumo de agua, ya que el agua usada puede volver a utilizarse, mientras que el agua consumida no y compite con las demandas de agua para la producción energética. (Linares, 2008)

Así, se aprecia que la demanda de agua para energía comienza a ser más relevante. En muchas regiones tendrá una participación entre el 10 y el 20% del consumo total, lo cual puede comenzar a plantear problemas de competencia con otros suministros, en especial el regadío y por tanto, el suministro de alimentos. Como en el caso anterior, observamos que los casos de Oriente Medio y América Latina pueden empezar a ser preocupantes, y por tanto será especialmente importante utilizar en ellos tecnologías energéticas que permitan situarse más cerca de los valores mínimos estimados. A nivel mundial, el porcentaje de participación no se incrementa mucho, y de hecho puede amortiguarse bastante bajo el escenario alternativo. (Linares, 2008)

Tabla 6. Demanda de agua para energía respecto al suministro total

|                         | 2005     | 2030 Referencia | 2030 Alternativo |
|-------------------------|----------|-----------------|------------------|
| OCDE- Norteamérica      | 0% - 1%  | 0% - 1%         | 0% - 0%          |
| OCDE-Europa             | 0% - 1%  | 0% - 1%         | 0% - 1%          |
| OCDE-Pacífico           | 0% - 1%  | 0% - 1%         | 0% - 1%          |
| China                   | 0% - 1%  | 1% - 2%         | 0% - 2%          |
| India                   | 0% - 0%  | 0% - 1%         | 0% - 1%          |
| Resto de Asia           | 0% - 0%  | 0% - 0%         | 0% - 0%          |
| Oriente Medio           | 1% - 15% | 1% - 27%        | 0% - 1%          |
| América Latina          | 0% - 0%  | 0% - 0%         | 0% - 0%          |
| Economías en transición | 0% - 1%  | 0% - 1%         | 0% - 0%          |
| África                  | 0% - 0%  | 0% - 1%         | 0% - 0%          |
| TOTAL                   | 0% - 0%  | 0% - 1%         | 0% - 1%          |

Fuente: (Linares, 2008)

Tabla 7. *Demanda de agua para energía respecto al consumo actual*

|                         | 2005     | 2030 Referencia | 2030 Alternativo |
|-------------------------|----------|-----------------|------------------|
| OCDE- Norteamérica      | 2% - 9%  | 3% - 9%         | 2% - 5%          |
| OCDE-Europa             | 3% - 11% | 3% - 11%        | 2% - 9%          |
| OCDE-Pacífico           | 3% - 7%  | 4% - 9%         | 2% - 6%          |
| China                   | 2% - 5%  | 5% - 12%        | 2% - 8%          |
| India                   | 0% - 1%  | 1% - 2%         | 1% - 2%          |
| Resto de Asia           | 0% - 2%  | 1% - 3%         | 0% - 2%          |
| Oriente Medio           | 1% - 26% | 2% - 47%        | 1% - 1%          |
| América Latina          | 2% - 16% | 4% - 26%        | 3% - 15%         |
| Economías en transición | 2% - 11% | 2% - 15%        | 1% - 5%          |
| África                  | 1% - 10% | 2% - 14%        | 1% - 4%          |
| TOTAL                   | 1% - 7%  | 3% - 11%        | 2% - 9%          |

Fuente: (Linares, 2008)

Tabla 8. *Demanda de agua para energía respecto al consumo actual en la industria*

|                         | 2005       | 2030 Referencia | 2030 Alternativo |
|-------------------------|------------|-----------------|------------------|
| OCDE- Norteamérica      | 5% - 20%   | 7% - 22%        | 4% - 11%         |
| OCDE-Europa             | 6% - 22%   | 6% - 22%        | 5% - 17%         |
| OCDE-Pacífico           | 17% - 41%  | 24% - 54%       | 15% - 38%        |
| China                   | 8% - 21%   | 20% - 45%       | 9% - 31%         |
| India                   | 7% - 18%   | 19% - 44%       | 11% - 36%        |
| Resto de Asia           | 8% - 33%   | 17% - 57%       | 9% - 33%         |
| Oriente Medio           | 44% - 932% | 84% - 1.693%    | 22% - 53%        |
| América Latina          | 19% - 126% | 34% - 213%      | 27% - 125%       |
| Economías en transición | 6% - 37%   | 8% - 51%        | 4% - 16%         |
| África                  | 26% - 223% | 45% - 336%      | 25% - 95%        |
| TOTAL                   | 7% - 36%   | 13% - 54%       | 11% - 48%        |

Fuente: (Linares, 2008)

Cuando se analiza la demanda de agua para energía con respecto a otros usos industriales, para cuantificar la competencia que puede presentar la producción energética con otros usos industriales en cuanto a la demanda de agua empiezan a aparecer casos relevantes, aparte de los de Oriente Medio y América Latina ya comentados. Sin embargo, estas conclusiones se deben tomar con cautela debido a que el aumento de la participación de la energía con respecto al resto de la demanda industrial puede deberse a dos causas, al aumento de la producción energética en sí misma, y a la demanda actual de agua para la industria. (Linares, 2008).

En China, las economías en transición y OCDE-Pacífico, la industria ya demanda cantidades elevadas de agua, y parece por tanto que puede haber problemas serios de competencia por el agua. Esto es especialmente relevante en el caso de China, de la que se espera un desarrollo industrial muy elevado en el futuro. En otros casos como India, resto de Asia, y especialmente África, se debe sobre todo a la escasa participación actual de la industria en el consumo de agua. (Linares, 2008)

## 2.2. La energía como potencial factor limitante en los escenarios hídricos

Debido al aumento de la producción energética con combustibles fósiles y su consecuente impacto sobre el clima global, es de esperar en los próximos años una variación en la disponibilidad de agua, variación que será mucho más acusada a nivel regional, según las estimaciones del Panel Intergubernamental para el Cambio Climático (IPCC, 2007).

Ello podría acentuar algunos de los problemas detectados, sobre todo en regiones como Asia, África y Oriente Medio, en las que la disponibilidad de agua para consumo puede disminuir. En otras regiones más amplias posiblemente se den variaciones significativas interregionales, que sin embargo no pueden ser capturadas dada la resolución geográfica de este estudio. Estos problemas se irán probablemente acentuando con el tiempo, ya que los impactos del cambio climático sobre las precipitaciones serán mayores, y también el consumo energético global.

En general, las predicciones apuntan además no sólo a una disminución del aporte hídrico en unas zonas y aumentos en otras, sino también en un cambio de los patrones de dichos aportes, posiblemente con una mayor concentración de las lluvias. Ello puede repercutir en distintos aspectos: una menor disponibilidad de agua para consumo, una menor capacidad de producción de las centrales hidráulicas, y finalmente quizá en una mayor necesidad de regulación de los aportes. En cualquier caso, un análisis riguroso de esta cuestión demandaría datos más desagregados a nivel regional, tanto del posible impacto del cambio climático, como del efecto sobre la producción energética.

## 3. MODELOS INSOSTENIBLES

El informe de Desarrollo Humano de Naciones concluye que el desarrollo económico conlleva impactos ecológicos insostenibles. Los habitantes de los países con mayores índices de desarrollo humano consumen recursos biológicos a ritmo superior al que la tierra puede regenerarlos. Las naciones en las su consumo está en un nivel que no daña la capacidad de regeneración de la Tierra tienden a estar debajo de lo que la ONU considera un nivel adecuado de desarrollo humano. A medida que esos países se desarrollan, la presión sobre los recursos biológicos del planeta aumenta por lo que nos encontramos ante un modelo de crecimiento altamente insostenible.

Un porcentaje muy alto de los habitantes del planeta no tiene acceso a agua en la cantidad y calidad necesarias para el desarrollo humano ni a servicios energéticos modernos. Pero su incorporación a un modelo de consumo que se asemeje al de los países desarrollados agravará considerablemente las tensiones sobre estos recursos finitos tanto desde la seguridad de suministro como de la protección ambiental.

### 3.1. Modelo energético

Numerosos estudios, que utilizan distintos enfoques y perspectivas, realizados por instituciones de indiscutible solvencia, coinciden en afirmar que

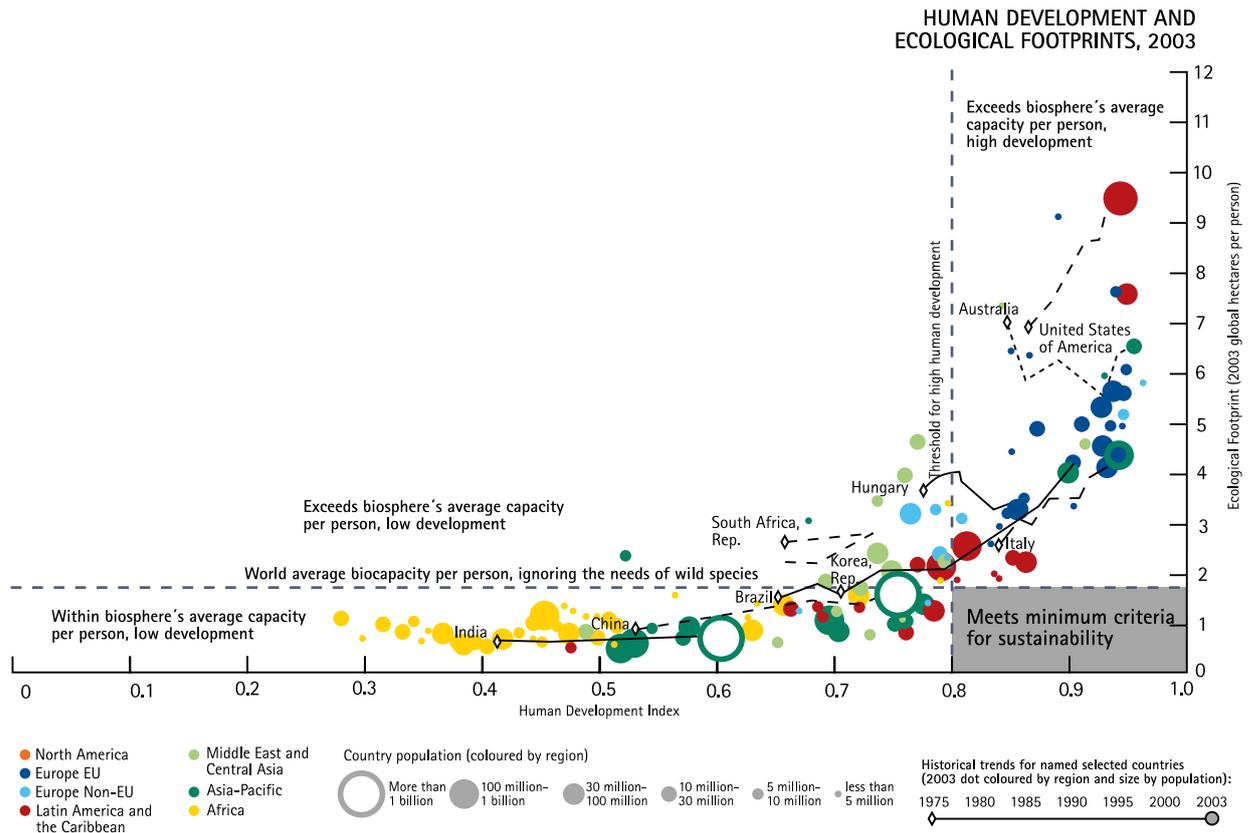


Figura 1: Mayores niveles de desarrollo humano están asociados con impactos ecológicos insostenibles. Fuente: Global Footprint Network, 2006

el actual modelo energético mundial - basado en los combustibles fósiles y en el crecimiento constante de la demanda - es insostenible en términos económicos, sociales y medioambientales. Y esto es así, fundamentalmente, porque la transformación y el uso de la energía genera dos tercios de las emisiones de gases de efecto invernadero. El cuarto informe del IPCC sostiene que para poder mantener la concentración de gases de efecto invernadero (GEI) por debajo de 450 partes por millón (ppm) se deberían reducir las emisiones a nivel mundial un 50% en 2050 respecto a 2005 y un 70% respecto a 1990. La AIE predice que un escenario probable es que en el año 2030 la concentración de GEI alcance entre 850 y 1130 ppm lo que podría significar un aumento de la temperatura de entre 4,9 y 6,1 °C, con consecuencias catastróficas para nuestro planeta. La demanda de electricidad y productos petrolíferos está detrás del incremento de las emisiones de GEI.

### 3.2. Demanda sector eléctrico

La demanda de electricidad en el mundo ha crecido entre 1990 y 2005 un 54% y las previsiones apuntan a que este vector energético continuará sustituyendo a otras fuentes energéticas y su demanda crecerá un 94% entre 2005 y 2030. Este crecimiento se traducirá en un incremento de las emisiones del 71% en el sector eléctrico en el escenario de referencia de la AIE, representando un 45% de las emisiones de CO<sub>2</sub> en el año 2030. Los países en vías de desarrollo, con un crecimiento medio anual del 4,6%, consumirán la mitad de la demanda mundial. Es destacable el caso de China, que consumirá el 24% de toda la electricidad producida en el mundo en 2030.

Para producir electricidad se utilizan diversas fuentes energéticas, pero es el carbón el combustible que más contamina y que más se utiliza puesto que su precio es, a día de hoy, competitivo, y existen amplias reservas repartidas por todo el mundo, sobre todo en China y EE.UU. Por ello, y

en la medida en que no se consiga reducir sensiblemente las emisiones de GEI del carbón, el modelo energético actual será insostenible a medio plazo.

En el escenario de referencia de la AIE del Informe sobre la Prospectiva Energética del Mundo (World Energy Outlook 2007) en 2030 el carbón cubrirá el 45% de la demanda y será el responsable del 71% de las emisiones de CO<sub>2</sub>. No obstante, en el escenario alternativo, un mayor desarrollo de fuentes energéticas limpias (29% de la generación eléctrica frente al 20% del escenario de referencia) y una contención de la demanda (con una reducción de la demanda de electricidad del 12% por una mayor eficiencia energética) podría reducir las emisiones del sector eléctrico un 27% respecto al escenario de referencia. A pesar de esta mejora, este escenario seguiría siendo insostenible y no conseguiría los objetivos marcados por el IPCC puesto que las emisiones de GEI crecerían un 27% entre 2005 y 2030, produciéndose todo este crecimiento en los países en vías de desarrollo.

Por lo que se refiere a la problemática del agua, como ya se ha señalado, las tecnologías de generación eléctrica térmica convencional utilizan agua para producir el vapor necesario para la transformación de energía o como instrumento de refrigeración, en los que se recupera la mayor parte del agua. Según el escenario de referencia de la AIE en 2030 el 80% de la generación de electricidad en el mundo necesitará agua.

Estas crecientes necesidades de agua entran en conflicto con las presiones sobre su uso derivadas del incremento de la población, el crecimiento de la renta, el consiguiente aumento de la demanda de alimentos y de la producción industrial. Las consecuencias del cambio climático acrecentarán estas presiones en algunas zonas geográficas.

### 3.3. Demanda de petróleo

Por su parte, la demanda de petróleo supone el 41% de la demanda energética de la OCDE y el 29% de los países en vías de desarrollo. A medida

que estos últimos países crecen, aumenta la demanda de petróleo, lo que crea tensiones en los mercados. Con el paso del tiempo, las reservas de petróleo se concentrarán en un número reducido de países. Según el escenario de referencia de la AIE, los países de la OPEP aumentarán su peso en la oferta global, pasando del 42% actual al 52% en 2030. Los países no incluidos en la OPEP incrementarán ligeramente su oferta, principalmente a través de recursos no convencionales. Sin embargo, a partir de 2015, a medida que las reservas convencionales se vayan reduciendo sólo Latinoamérica, Canadá y África continuarán aumentando su producción. Se espera que en periodo 2006-2030 EE.UU y Europa registren una reducción media interanual de su producción de petróleo del 0,5% y del 3%, respectivamente.

El crecimiento de la demanda de petróleo es insostenible en la medida que son combustibles finitos cuyas reservas son limitadas y concentradas en un número limitado de países. Por el momento no existe un sustituto claro al petróleo pero emergen algunas alternativas de futuro como los biocombustibles, el hidrógeno, las energías renovables, los coches eléctricos. Cualquier sustituto del petróleo tendrá implicaciones en las demandas de agua.

El principal consumidor de petróleo es el sector del transporte. Según el escenario de referencia de la AIE, el sector transporte continuará siendo el principal impulsor de la demanda de petróleo, aumentando su peso en el consumo total de petróleo desde el 47% actual hasta el 52% en 2030. Aunque la eficiencia energética de los vehículos ha mejorado considerablemente, el aumento de la movilidad, tanto por la compra de vehículos como por el incremento de la distancia recorrida, ha sobrepasado ampliamente las mejoras de eficiencia. Teniendo en cuenta las previsiones de la AIE, se producirá un crecimiento espectacular del número total de vehículos, que pasará de los 900 millones actuales a 2,1 billones en 2030.

La falta de desacoplamiento del transporte con respecto al crecimiento económico es un síntoma de insostenibilidad. El crecimiento económico de

los países en vías de desarrollo derivará en una mayor movilidad, acentuando los impactos sobre el medio ambiente en términos de emisiones de contaminantes locales y globales y de consumo de agua por la extracción y refino de energía y porque las alternativas al petróleo, como el bioetanol o el hidrógeno, también son altamente intensivas en agua.

### 3.4 Modelo hídrico

El agua disponible en la Tierra para satisfacer las demandas del hombre está muy irregularmente distribuida por lo que los problemas de escasez son locales y las estadísticas agregadas esconden esta problemática. El modelo del agua basado en un uso intensivo del recurso y en un crecimiento exponencial de la oferta muestra claros signos de insostenibilidad en lo que se refiere a los procesos de degradación de los recursos y de sobreexplotación de acuíferos. Las aguas subterráneas abastecen a la tercera parte de la población mundial y están bajando los niveles freáticos y de los pozos debido a la sobreexplotación de los acuíferos. Si la tendencia actual continua, dos de cada tres personas vivirán en zonas de escasez de agua en 2025.

En la actualidad más del 20% de los humanos se enfrentan a problemas de acceso al agua y 2.600 millones de personas no tienen acceso a servicios de saneamiento. El agua contaminada es la principal responsable de las enfermedades que se producen en los países en desarrollo, lo cual afecta a más 1.200 millones de personas.

Por otro lado, a la propia presión de la demanda de agua se le une el hecho de que por primera vez en la historia de la humanidad nos enfrentamos a cambios globales que afectan al ciclo hidrológico. En el cuarto informe del IPCC se llega a la conclusión de que el hombre ha provocado el calentamiento global que está afectando al clima. Con el paso del tiempo se ha demostrado que el cambio climático se acelera más aún que las previsiones que se realizaron. Cada informe del IPCC ha subestimado la velocidad de los cambios en el clima y las consecuencias que el aumento de las temperaturas tiene en los ecosistemas.

Los impactos del incremento de las temperaturas están ligados a la disponibilidad de agua, y se traducen en el aumento de los niveles del mar (lo que conlleva la eutrofización de los acuíferos), del estrés hídrico (la insuficiencia de agua para todos los usos) debido a los cambios en las precipitaciones, sequías, inundaciones, de las tormentas, huracanes y tornados y el deshielo del Ártico, del manto de hielo de Groenlandia y de los glaciares de las montañas.

El estrés hídrico afecta principalmente a los países en vías de desarrollo pero la UNEP prevé que se diseminará considerablemente en todo el mundo, incluyendo Europa y EEUU. La demanda de agua se intensificará con el crecimiento económico y el crecimiento de la población, puesto que ambos crecimientos conllevan incrementos de las demandas de productos agrícolas, industriales y del sector residencial.

Las proyecciones de crecimiento poblacional y económico significarán por tanto un fuerte crecimiento de la demanda de agua lo cual acentuará la insostenibilidad del modelo hídrico. En el año 2030 se prevé que se alcancen los 9.000 millones de habitantes y que muchos países emergentes alcancen cotas de riqueza similares a las de los países más avanzados.

En el sector agrícola de muchos países con problemas de escasez de agua enfrentan al dilema de elegir si producir los alimentos o importarlos de países donde se reúnen las condiciones climatológicas óptimas. El problema radica en que con la actual escalada de precios de los alimentos los aspectos ligados a la seguridad de suministro se vuelven cada vez más relevantes, y la cuestión que se plantea es si los países prefieren aumentar la presión sobre los recursos locales o ser vulnerables a los mercados globalizados.

A la propia problemática de los crecimientos de la demanda de agua se le une el hecho de que éstos se producen donde existen previamente problemas de escasez de este recurso, por ejemplo, en el área mediterránea, en España, o en el sur de Ca-

lifornia, lo cual convierte la escasez de agua en un problema local que deriva en prácticas insostenibles. En estos lugares, el aumento de la demanda de agua para satisfacer las necesidades de la producción energética (que también se demanda más en esas zonas) generará más presiones entre los distintos usos y un aumento de las consecuencias negativas que la sobre explotación de los recursos hídricos conlleva.

Esta situación es especialmente grave en los países de la orilla sur del mediterráneo, donde se ubican el 60% de los habitantes del planeta “pobres en agua” (con una disponibilidad anual per cápita inferior a los 1000 m<sup>3</sup>). Además, cabe destacar que los productos agrícolas que se exportan de esta región también son transferencias de la denominada “agua virtual” a los países receptores. Así, todos los países del norte de África son exportadores netos de agua virtual. (Willdnest, 2008)

La sobreexplotación de los recursos disponibles unida a sus condiciones climatológicas hacen que estos países sufran una escasez crónica de agua dulce lo que está llevando a la sobreexplotación de los acuíferos, con una importante intrusión del agua marina en los mismos. La situación es especialmente grave en Libia, Egipto y Argelia donde se tiene que recurrir de forma considerable al uso de desaladoras para hacer frente a la creciente demanda de agua (Willdnest, 2008).

Estas presiones no sólo se reflejan en la sobreexplotación de acuíferos generalizada en un número importante de países (Libia, Egipto, Argelia, Túnez, Israel, EEUU, Rusia, España entre otros) y, sino que también tienen un impacto negativo en la contaminación difusa (nitratos y biocidas), originada fundamentalmente por un uso no sostenible de fertilizantes en el sector agrícola que provoca, junto al excesivo uso de pesticidas, la contaminación de acuíferos.

Por otro lado, la demanda de agua de calidad en los países desarrollados y en los emergentes se enfrenta a la dificultad de proveer de servicios de depuración de efluentes provenientes de pobla-

ciones de menor tamaño, que por su dispersión necesitan soluciones tecnológicas innovadoras y más caras. Los vertidos en el dominio público hidráulico por parte de los sectores domésticos, industrial y agrícola suponen un deterioro de la calidad de los ríos, una progresiva pérdida de sus valores medioambientales, una reducción de su capacidad de desagüe y en última instancia pueden afectar a la salud de los ciudadanos.

Estos problemas se agravan en los países menos desarrollados donde la falta de saneamiento genera altas tasas de mortalidad infantil. En muchos casos la falta de financiación para la construcción de plantas de producción de energía está detrás de la ausencia de sistemas de tratamiento de aguas adecuados. Cuando se tiene energía se obtiene agua que se capta de pozos, plantas de desalinización o la depuración y reutilización de las aguas residuales.

En conclusión, la energía puede resolver algunos de los problemas que hacen insostenible el ciclo del agua pero la clave se encuentra en cómo se produce esa energía de forma sostenible para que no ocasione el cambio climático que agrava el ciclo hidrológico.

#### 4. RECOMENDACIONES DE POLÍTICAS PÚBLICAS INTEGRADAS

##### 4.1 Eficiencia energética y energías renovables

Los procesos de Cambio Climático han convertido en más grave y urgente la necesidad de utilizar los recursos energéticos e hídricos con criterios de sostenibilidad. Por ello, el cambio climático potencia la búsqueda integrada de respuestas, ya que existen importantes sinergias en las “nuevas culturas” del agua y la energía.

Los actuales desafíos deberían conducir a la elaboración y definición de escenarios de futuro viables en el ámbito de la energía y del agua (dentro de cada ámbito como son las islas, demar-

caciones o cuencas hidrográficas, zonas costeras, etc.) en los que la referencia innovadora podría ser la autosuficiencia y el mantenimiento de la funcionalidad de los ecosistemas en los que se apoyan como base para su sostenibilidad.

La mayoría de los autores considera que las energías renovables son la alternativa más viable para solucionar algunos de los grandes retos energéticos y de agua a los que nos enfrentamos.

- El potencial técnicamente viable de las energías renovables a nivel mundial es enorme (85TWh anuales), que supera ampliamente el consumo energético actual (15,18TWh) y el consumo energético futuro en 2050 (25-30 TWh).
- Las energías renovables son locales y por tanto pueden acoplarse a las necesidades de lugares dispersos y facilitar el acceso a agua a esas poblaciones.
- No producen emisiones, por lo que son la solución más evidente al problema del cambio climático.
- Están basadas en un combustible renovable y autónomo por lo que reducen la dependencia exterior y proporcionan una seguridad de suministro.
- En la mayor parte de los casos no consumen agua, fundamentalmente las no térmicas como la hidráulica, la eólica, la marina o la geotérmica.
- En el caso de la energía solar puede ser una buena solución en determinadas zonas costeras donde no hay mucha agua y sin embargo se presentan altos niveles de radiación solar y en muchos casos una mayor concentración de población. Es en estos lugares donde la energía solar y eólica pueden aportar soluciones en la medida que su coste se reduzca y aumente la eficiencia de la tecnología de desalación.
- Generan otros impactos locales positivos como creación de empleo rural, desarrollo de una actividad de alto valor añadido, propulsores de la I+D+i, etc.

Uno de los retos que se debe solucionar para llegar a este futuro renovable es la intermitencia

de estas fuentes. Para maximizar la penetración de las renovables se pueden desarrollar diversos métodos de almacenamiento que facilitan la conversión de energías intermitente en energías fiables. Por ejemplo con baterías, sistemas de bombeo y en el medio plazo el hidrógeno fabricado por electrolisis. Aunque para ello es necesario la introducción de tecnologías innovadoras que necesitan programas de I+D+i ambiciosos. Ambiciosos en el sentido que no tenemos mucho tiempo para aportar soluciones según predicen los escenarios del IPCC.

Otro aspecto necesario para alcanzar todo el potencial en energías renovables es reconfigurar las redes para hacerlas inteligentes. Esto significa crear mini redes que permitan a los hogares, las empresas y las industrias producir energía renovable a nivel local. Una red inteligente con contadores inteligentes permitiría a los productores locales ser más efectivos y vender o comprar a la red cuando sea necesario de forma que el flujo de la electricidad sea bidireccional. Esto permitirá reducir los picos y valles y optimizar los sistemas de generación eléctrica.

El ahorro de agua implica un ahorro de energía. El ahorro de agua en el exterior reduce la energía necesaria para bombear, tratamiento y distribución. Ahorrar agua en el interior de viviendas y empresas permite además evitar energía del transporte terciario, saneamiento, transporte de aguas reutilizadas y depuración. Finalmente ahorrar agua caliente evita todo lo anterior pero también la energía necesaria para calentar el agua.

A la vista de las cifras presentadas sobre la energía requerida para posibilitar el consumo de agua, resulta clara la importancia, no sólo del 'ahorro directo' de energía en forma de campañas a los usuarios o en forma de mejora de procesos concretos (como las habidas en los últimos años en técnicas de desalación), sino del 'ahorro indirecto' de energía que suponen las políticas de ahorro de agua. (Cobacho, 2008)

En el caso de España, en líneas generales se encuentra que por cada m<sup>3</sup> de agua no utilizada,

la factura energética disminuiría en unos 3 kWh. De esta forma, si se redujera el consumo de agua en uso urbano e industrial del 30%, alrededor de unos 1.900 hm<sup>3</sup>/año, con un gasto energético más conservador de 2 kWh/m<sup>3</sup>, la rebaja en la factura energética global rondaría los 3.750 GWh, una cifra equivalente a casi el 2% del consumo total en España (Cobacho, 2008).

Teniendo en cuenta lo anterior, el estudio realizado por la Comisión de la Energía en California en 2005 demostró que, para ese caso particular, a igualdad de inversión racionalizar el uso de agua ahorra más energía que introducir otras medidas de eficiencia energética.

Las políticas de ahorro de agua constan de dos fases. En la primera la eficiencia de la distribución se refiere a la reducción de fugas en las tuberías existentes. La magnitud del ahorro depende del rendimiento del sistema, cuando este es bajo el volumen puede ser importante. Mientras que la segunda se centra en la racionalización del consumo final, con campañas de concienciación a usuarios y la instalación de dispositivos de bajo consumo de agua en los hogares. El volumen consumido depende de los hábitos de los usuarios, pero su ahorro difícilmente será superior al 20% del volumen consumido.

Otras opciones para reducir la demanda energética del ciclo del agua son: el ahorro de energía que reduce el uso y consumo de agua por ejemplo en la refrigeración de centrales térmicas. Mejorar la eficiencia en las operaciones, por ejemplo aumentar el tamaño de las tuberías y bombas más eficientes. Trasladar las operaciones del ciclo de agua más intensivas en energía a horas valle, por ejemplo el bombeo y procesamiento, esto se podría hacer con unas buenas señales de precios. Desarrollar energías renovables asociadas a los dos ciclos, por ejemplo incluir microcentrales de generación de electricidad en las conducciones, ampliar la capacidad y uso del bombeo. Por otro lado usar los lodos de depuradora como biomasa para la generación de electricidad.

Junto a esto las mejoras de eficiencia energética conllevan una reducción de la demanda de agua necesaria para llevar esa energía al punto de consumo. Así, el ahorro de electricidad o de combustible de automoción conlleva los ahorros más elevados de agua. En el caso de los combustibles se ahorra en la extracción de productos petrolíferos, el refinado y su traslado hasta el punto de consumo, para el que también se necesita combustible. Para la electricidad por su parte se ahorra agua en la refrigeración de las turbinas, en su uso para turbinar en centrales térmicas y el coste de oportunidad de no utilizar el potencial hidrológico.

## 4.2 Propuestas tecnológicas

Como se ha comentado anteriormente, los modelos actuales de energía y de agua son insostenibles. En este documento nos referimos a los aspectos de la sostenibilidad en relación a la conexión entre agua y energía. No obstante, existen graves problemas de insostenibilidad en el ciclo del agua que requieren un análisis más específico.

La disponibilidad de energía fiable puede resolver algunos aspectos que hacen insostenible el ciclo del agua, pero como se ha concluido anteriormente la clave está en cómo se produce esa energía de forma sostenible y limitando el consumo de recursos hídricos. Para alcanzar este reto, el desarrollo tecnológico está llamado a jugar un papel fundamental.

Diversos estudios sobre las tendencias futuras de emisiones prevén que las emisiones alcanzarán un pico en torno al año 2030 y a partir de ese momento empezarán las emisiones a reducirse. La AIE realiza un análisis de dos escenarios en su Informe sobre las Perspectivas de las Tecnologías Energéticas con el horizonte 2050. El primero se refiere a la utilización masiva de las tecnologías existentes y abandono de tecnologías ineficientes (Escenario ACT). Las conclusiones de su análisis es que se podrían estabilizar a niveles de 2005 las emisiones en el año 2050 con esas tecnologías. En el segundo escenario se realizan

<sup>28</sup>Habría que añadir el consumo energético derivado de la depuración.

unas hipótesis optimistas sobre importantes desarrollos tecnológicos en tecnologías como la solar, eólica, captura y secuestro de carbono, nuclear, movilidad entre otras (Escenario BLUE). Con este escenario las emisiones podrían reducirse en 2050 un 50% lo cual permitiría mantener el incremento de la temperatura entre 2 y 2,4°C a nivel mundial.

En ambos escenarios la eficiencia energética en edificios, equipamiento, transporte, industria y generación de electricidad es responsable de la mayor parte de las reducciones de emisiones pero también de agua, como se ha comentado anteriormente. Le sigue la descarbonización de la generación de electricidad, que se consigue sobre todo con una combinación de renovables, nuclear, y la utilización de la tecnología de captura y secuestro de carbono (CCS) en las centrales de generación. En el escenario BLUE las opciones más caras como el CCS en la industria y en combustibles alternativos de transporte se desarrollan.

En el sector eléctrico la AIE prevé que se producirá un cambio masivo hacia la generación eléctrica con energías renovables, especialmente eólica, fotovoltaica, energía solar de concentración y biomasa, contribuyendo con un 46% de la electricidad en el mundo en 2050 y un 21% de las reducciones de emisiones del escenario BLUE. El secuestro de carbono en las centrales de generación y en la industria contribuirá con un 19% de la reducción de CO<sub>2</sub> y la energía nuclear con un ahorro del 6% de las emisiones.

Por lo tanto, la mejora de la sostenibilidad en la relación de agua y energía vendrá desde un punto de vista tecnológico por el desarrollo masivo de las energías renovables. Por otro lado, para garantizar que el desarrollo de estas tecnologías minimice el impacto en el consumo de agua, se deberán proveer de soluciones tecnológicas para la generación térmica (carbón, nuclear y gas) y para la energía solar de concentración.

En este sentido, se puede reducir el consumo de agua en las centrales de generación aplicando:

- Mejoras en la eficiencia energética de ciclos combinados o calderas de carbón super críticas.

- Búsqueda de emplazamientos de menor impacto en el uso del agua donde se pueda refrigerar en circuito abierto que implica un menor consumo de agua neto y mayor eficiencia y cuando esto no sea posible optar por sistemas de refrigeración seca con un menor rendimiento y mayor coste pero con un menor consumo de agua o en emplazamientos costeros la refrigeración con agua de mar o la reutilización de aguas residuales con políticas de vertido cero (ZLD).

- Sistemas mixtos de generación Eolo-hidráulica como, por ejemplo, el proyecto integral del Hierro, que permite compatibilizar y gestionar la generación eléctrica renovable con la producción de agua potable desde agua de mar, su almacenamiento en embalses para abastecer a la población y la generación hidráulica de regulación, así como el bombeo para la reposición de los embalses.

Otra área en la que es necesario el ahorro de agua es en todo el ciclo de vida de la movilidad. Tanto con el asociado al petróleo como en las alternativas (biocombustibles, hidrógeno, etc).

Finalmente se deben buscar soluciones integradas al trinomio, agricultura, agua y energía. En este sentido existen nuevas iniciativas con gran potencial de utilización de agua de mar y energía solar para producir alimentos, pescados y biocombustibles con sistemas integrados que reducen el vertido de sustancias contaminantes y absorción de carbono.

### 4.3 Políticas económicas

Junto con las propuestas tecnológicas y de sostenibilidad, existe toda una serie de actuaciones de políticas económicas sectoriales y transversales, que permiten una gestión eficiente de estos recursos.

La política económica tiene instrumentos que permiten guiar la utilización del agua y de energía hacia una senda de explotación, consumo e inversión que proporcionen el máximo bienestar a la sociedad,

a la vez que se garantiza el acceso de los ciudadanos a estos servicios esenciales. (Gradolph, 2008)

La economía ha utilizado tradicionalmente el mercado como referencia para solucionar las cuestiones relacionadas con la gestión de recursos escasos. Se trata de un instrumento simple y eficaz, que a través del precio lanza señales para que los agentes tomen decisiones sobre el nivel óptimo de consumo, ritmo eficiente para la explotación de los recursos o la magnitud de la inversión requerida. Por lo tanto, el mercado es el instrumento de referencia para la asignación eficaz de recursos hídricos y energéticos. Pero el mercado de agua y energía tiene deficiencias en su funcionamiento, conocidas como fallos de mercado, por la que los precios no transmiten a los agentes toda la información necesaria para que la decisión que adopten sea eficiente y proporcione el máximo bienestar a la sociedad. Porque el precio de ambos recursos no internaliza en muchos casos el coste real y ambiental generado, lo que genera consumos innecesarios o ineficientes. Además, en muchos casos el agua consumida no tiene un precio o es consumida con extracciones ilegales de aguas subterráneas. Una revisión de la política de precios de agua y energía es un prerequisite para asegurar su sostenibilidad (Gradolph, 2008).

Los precios del agua y de la energía deben estar orientados a la cobertura de los costes de prestación del servicio, a la vez que se garantiza un servicio esencial para los consumidores más vulnerables.

La fijación de precios artificialmente bajos no da la señal de escasez, que conduce en el corto plazo a la sobre explotación de recursos y a largo plazo amenaza la sostenibilidad por su agotamiento y por la ausencia de incentivos económicos a la inversión.

En este sentido, las políticas de orientación de las tarifas de agua a sus costes y de adaptación de los precios de la electricidad a las señales del mercado son esenciales. La existencia de déficit en las liquidaciones de la tarifa eléctrica, por ejemplo,

es resultado de una política de precios que amortigua la señal de precios del mercado y repercute su coste a los consumidores de los siguientes años. Esto significa que al separar el pago de la tarifa del consumo de la energía el consumidor no es consciente del coste real de la electricidad consumida y por tanto no puede gestionar su demanda. El resultado es que se interviene innecesariamente en las decisiones de los agentes, que no tienen por qué compartir la decisión de pago aplazado, y se reducen los incentivos a adoptar políticas de ahorro y eficiencia energética (Gradolph, 2008).

Por ello, es necesario dar protagonismo al mercado en la determinación de los precios del agua y de la energía, evitando los problemas de fijar un precio, salvo que así lo exija la protección de consumidores vulnerables.

En el caso del agua y de la energía, la normativa comunitaria ha confiado en el mercado como el instrumento más eficaz para transmitir a los agentes la intensidad de las señales de escasez. En España las decisiones respetan las directrices comunitarias, por ejemplo con la eliminación de determinadas tarifas de electricidad y de gas o la cesión de los derechos al uso privativo de las aguas públicas o la recuperación parcial con cargo a tarifas de la financiación de determinadas infraestructuras hidrológicas por parte de las Sociedades Estatales del Agua (Gradolph, 2008).

Una de las principales dificultades para evaluar correctamente el nexo entre estos dos elementos es la ausencia de estadísticas fiables sobre la utilización del agua, lo cual dificulta, además, su control. En España no hay un control del gasto del agua, cuantificándose los consumos a través de estimaciones. La información que periódicamente publica al respecto el Instituto Nacional de Estadística es fruto de encuestas y análisis estadísticos. Por ello es necesario implementar sistemas modernos de auditorías de agua que contengan una contabilización de los consumos de energía asociados así como establecer algún tipo de control administrativo, hoy inexistente. La creación de Agencias Reguladoras es una opción que están adoptando numerosos países (Cobacho, 2008).

El desarrollo de políticas económicas debe incluir con un enfoque integrador planificaciones conjuntas de las políticas de agua y energía, así como la elaboración de normativas coordinadas entre los responsables políticos de los departamentos de agua, industria, energía y medio ambiente. Las soluciones propuestas a lo largo de este documento llevan implícita un incremento en las actuaciones en I+D+i sobre el binomio agua-energía. Además, en este análisis se debe implicar a todos los agentes sociales, confederaciones empresariales, instituciones, centros de investigación, universidades empresas.

## CONCLUSIONES

A nivel mundial, “Agua para la vida, energía para el desarrollo” cobra un importante valor en la configuración de políticas de desarrollo para la consecución de los objetivos del Milenio. Los mandatarios políticos del mundo deberán asegurarse que la provisión de esos servicios energéticos necesarios para la vida se provea de forma energéticamente sostenible, esto es reduciendo las emisiones de GEI que generalmente acompañan al consumo energético, así como minimizando el consumo de agua para evitar conflictos con otros usos.

Agua y energía son dos elementos clave para asegurar la seguridad de suministro de cualquier país al ser la materia prima necesaria para la actividad productiva. Por ello, se debe tener en cuenta que ambos recursos están íntimamente unidos, si queremos más seguridad alimentaria y más productos nacionales necesitaremos más energía. Si necesitamos más energía necesitamos más agua, más fiable y más abundante. De ahí la importancia de aplicar tecnologías eficientes y de tecnologías de reutilización del agua.

La relación entre agua y energía es tan íntima, tiene un impacto de tal calado en la economía y el bienestar de nuestras sociedades, que debería tener una atención muy especial por parte de los poderes públicos y un análisis detenido y riguroso por parte la industria, las instituciones académicas y la sociedad civil. Sin embargo, a día de hoy se trata de una cuestión insuficientemente analizada y valorada en la elaboración de las políticas sectoriales. No se tienen plenamente en cuenta los nexos de unión entre el agua y los sistemas de generación de electricidad. Tampoco se tienen suficientemente en cuenta las propuestas tecnológicas de sustitución de los carburantes en el transporte. Todo ello se traduce, finalmente, en pérdida de oportunidades de desarrollo económico y social.

# Referencias

AZQUETA (2008): “Propuestas desde una perspectiva económica del nexo Agua y Energía.”, Semana Temática Agua y Energía, Tribuna del Agua, Septiembre 2008.

COBACHO (2008): “implicaciones energéticas en el suministro de agua y la necesidad de aumentar su eficiencia.”, Semana Temática Agua y Energía, Tribuna del Agua, Septiembre 2008.

GLEICK, P.H. (1994). Water and Energy. Annual Review of Energy and the Environment, 19: 267-299.

GRADOLPH (2008): “Políticas económicas sobre agua y energía.”, Semana Temática Agua y Energía, Tribuna del Agua, Septiembre 2008.

IEA (2007). World Energy Outlook. International Energy Agency, Paris.

IEA (2008). Energy Technologies Perspectives. International Energy Agency, Paris.

LINARES (2008): “Implicaciones para el agua de los escenarios energéticos mundiales”, Semana Temática Agua y Energía, Tribuna del Agua, Septiembre 2008.

US DOE (2006). Energy Demands on Water Resources. Report to Congress on the Interdependency of Energy and Water. U.S. Department of Energy, December 2006.

YAGÜE (2008): “Energía para el agua”, Semana Temática Agua y Energía, Tribuna del Agua, Septiembre 2008.

WILLTETD (2008): “Agua, energía y sostenibilidad. Los retos para los países de la orilla sur del Mediterráneo”, Semana Temática Agua y Energía, Tribuna del Agua, Septiembre 2008.

# ENERGÍA PARA EL AGUA

Jesús Yagüe Córdova

## RESUMEN:

La Administración hidráulica ha contribuido de manera muy significativa a la generación de energía en España. Tanto los aprovechamientos hidroeléctricos como la refrigeración de centrales térmicas requieren demandas hídricas importantes y son buenos ejemplos de esa contribución.

La producción de energía hidroeléctrica es moderada dentro de la demanda total, aunque juega un papel importante en la satisfacción de las demandas de punta.

En los años recientes, la creciente tecnificación de los usos del agua ha incrementado las necesidades de energía para la gestión de aquella (bombeos, regadío a presión, desalación) con lo cual hay una creciente interrelación entre agua y ener-

gía dirigida en ambos sentidos (agua para energía y energía para el agua).

Esta situación ha creado una mayor sensibilización de la Administración hidráulica que está realizando todos los esfuerzos posibles para apoyar el incremento de producción de energía. Aunque las posibilidades de incrementar la producción de energía hidroeléctrica en España son limitadas, se está tratando de optimizar cualquier posibilidad de lograrlo, apoyando al sector privado para agilizar la puesta en marcha de los nuevos aprovechamientos que son todavía posibles, la renovación y optimización de los aprovechamientos existentes y el desarrollo de centrales reversibles, además de impulsar desde el sector público el desarrollo de centrales a pie de presa en algunas instalaciones de éste donde ello es posible. Con todo ello, se espera poder compensar, en cierta medida, el creciente incremento de la demanda de energía.

# CENTRAL HIDRO-EÓLICA PARA LA ISLA DE EL HIERRO. OBJETIVO: 100 % ENERGÍAS RENOVABLES

Gonzalo Piernavieja

## RESUMEN:

La isla de El Hierro, la más pequeña del Archipiélago Canario (10.500 habitantes y una extensión de 276 km<sup>2</sup>, marcada por una abrupta orografía), fue declarada Reserva Mundial de la Biosfera por la UNESCO en 2000. En la actualidad, su demanda energética se cubre con combustibles fósiles, quemando diesel en una central térmica, lo que conduce a una situación de total dependencia energética del exterior. El Cabildo de El Hierro, en su decidida apuesta por el desarrollo sostenible, se ha comprometido a implantar un esquema que le permita autoabastecerse con energías renovables.

Para garantizar un suministro eléctrico constante, se pretende “acumular” energía eólica (de enorme potencial en la isla, pero fluctuante) utilizando un sistema hidráulico compuesto por dos depósitos situados a diferentes alturas: cuando la energía eólica supere la demanda de la isla, se bombeará agua hacia el depósito superior; cuando el viento no sea suficiente, la caída del agua almacenada en el depósito superior moverá turbinas hidroeléctricas. Esta Central Hidro-Eólica la promueve un consorcio formado por el Cabildo de El Hierro, ENDESA, el Gobierno de Canarias a través del ITC y el IDAE. A la fuerza del viento se unirán actuaciones en otras energías renovables, para lograr la total autosuficiencia energética de la isla.

# DESALACIÓN EFICIENTE

Julio Zorrilla

## RESUMEN:

Con la creciente demanda de agua potable la desalación como tecnología competitiva con otras fuentes de abastecimiento ha incorporado en los últimos años decisivos avances en lo que respecta al consumo energético y al impacto ambiental.

El consumo energético teórico necesario para desalar un metro cúbico de agua de mar es 0,9 kWh, sin embargo ninguna de las tecnologías industriales existentes en el mercado baja de los 3,5 kWh, incluyendo los pre-tratamientos necesarios y los rendimientos en los procesos

Los avances en los sistemas de bombeo han mejorado los consumos en los últimos años y la investigación en nuevas membranas puede todavía mejorarlo en el futuro. Mientras tanto se tiende por un lado optimizar el proceso al máximo en función del agua a tratar mediante plantas piloto, y luego incorporar medidas que disminuyen el impacto ambiental de las instalaciones.

Dos de estas líneas de desarrollo, se centran en la desalación en el mar, bien fija en conjunción con generación in situ de energías renovables, o bien móvil sobre barcos que en algunos casos ofrece ventajas exclusivas.

# PROSPECTIVA 2030: IMPLICACIONES PARA EL AGUA Y LA ENERGÍA

Ignasi Nieto

## RESUMEN:

El agua y la energía han estado unidas desde que el hombre descubrió la tecnología para progresar. Agua y energía constituyen por separado retos presentes y futuros, el primero para muchos países, el segundo para toda la humanidad. Una de las mejores formas para luchar contra el cambio climático es la promoción de las energías renovables, algunas de las cuales siguen utilizando agua. Además, en el futuro tendremos que seguir contando con una parte importante de producción de energía con fuentes o tecnologías convencionales. Por tanto, el análisis de largo plazo de la demanda y la oferta energética tiene que incluir necesariamente el análisis del impacto en

los consumos de agua. Por tanto, el avance en términos de sostenibilidad energética (ambiental, social y económica) debe realizarse también con un consumo responsable de agua.

Existe un vector transversal que une agua y energía, que es el territorio y su gestión. El territorio es un bien escaso y cada vez más apreciado en nuestras sociedades, como bien a conservar y proteger. Este cambio de modelo energético implica más infraestructuras en el territorio y más dispersas en comparación con el pasado. Por tanto, debe existir una política coherente y articulada que tenga en cuenta el trinomio agua-energía-territorio.

# IMPLICACIONES PARA EL AGUA DE LOS ESCENARIOS ENERGÉTICOS MUNDIALES

Pedro Linares

## RESUMEN:

Una preocupación creciente en el sector energético es cómo hacer frente a la creciente demanda de agua del sector, en un entorno en que el agua cada vez se va a convertir en un bien más escaso. Efectivamente, el aumento de la demanda de energía a nivel global requerirá más agua para refrigeración de las centrales térmicas, para cultivo de biocarburantes, o para la extracción y refino de combustibles fósiles. Por otra parte, el uso intensivo de los combustibles fósiles contribuye significativamente a un cambio climático que reducirá en algunos países el aporte de agua, y que en

todos posiblemente lo hará más irregular. Los objetivos de este trabajo son analizar el uso de agua bajo los escenarios energéticos futuros (a partir de las estimaciones de la Agencia Internacional de la Energía), y evaluar los cambios en la demanda de agua para usos energéticos en relación al suministro hídrico previsto en el futuro para las distintas regiones geográficas. Los resultados darán indicaciones valiosas sobre hasta qué punto el agua puede ser un factor condicionante de los escenarios energéticos previstos, y de las medidas que se pueden adoptar frente a las limitaciones que puedan aparecer.

# NECESIDAD DE MEJORAR LA EFICIENCIA EN LA DISTRIBUCIÓN Y EL USO DE AGUA Y ENERGÍA

Ricardo Cobacho, Enrique Cabrera y Miguel Ángel Pardo

## RESUMEN:

Dentro del contexto actual de escasez de recursos tanto hídricos como energéticos, es preciso reforzar la orientación de las políticas de gestión para aumentar la eficiencia en la gestión de los mismos, y así existen ya programas concretos de este tipo en ambos campos. Este trabajo, sin embargo, se centra no en cada uno de ambos recursos, sino en la relación existente entre los mismos y, en particular, en sus implicaciones para el suministro urbano de agua. Así, contemplando trabajos de referencia realizados en California, se plantea como objetivo principal cuantificar dicha relación para el

caso de España, y obtener las cifras correspondientes cada una de las etapas que tal suministro sigue, así como una herramienta de cálculo que ayude en la toma de decisiones. A partir de los resultados obtenidos, se proponen por último las directrices que se creen más convenientes para el futuro.

## PALABRAS CLAVE:

Agua urbana, energía, eficiencia, gestión de la demanda.

# LOS RETOS PARA LOS PAÍSES DE LA ORILLA SUR DEL MEDITERRÁNEO ANTE EL CAMBIO CLIMÁTICO

Heikki Willstedt Mesa

## RESUMEN:

Junto con la frontera entre EEUU y México, el estrecho de Gibraltar es la frontera que separa de forma más marcada dos realidades muy diferenciadas no sólo por las diferencias socio-culturales entre ambas riberas sino también por una gran diferencia en el desarrollo económico de los países que se encuentra a uno y otro lado.

Existe actualmente un gran diferencial en los indicadores actuales de consumo de energía y agua para formación de riqueza entre los países de la orilla norte y de la orilla sur del mediterráneo. Lo más destacable, es que los países del sur tienen un índice de utilización de los recursos hídricos explotables renovables superior en su conjunto al 107%, y que también necesitan 10 veces más agua y 3 veces más energía para generar cada unidad de PIB que sus vecinos del norte. La apuesta por la desalación de la mayor parte de los países no hace más que empeorar la sostenibilidad de sus

economías al tiempo que aumenta su consumo energético y sus emisiones de CO<sub>2</sub>.

A su vez, según los escenarios climáticos para finales de siglo, la región verá disminuir sus precipitaciones al tiempo que aumentarán las temperaturas hasta en 3,5°C, por lo que el estrés sobre sus recursos hídricos aumentará considerablemente, adicionalmente al provocado por el aumento previsto de la población y la demanda consiguiente de agua y energía.

Ante estos retos, es necesario instaurar urgentemente políticas regionales de desarrollo que pongan la gestión sostenible del agua (y de la energía) en el centro de sus políticas de desarrollo, de lo contrario, la capacidad de estos países de mejorar las condiciones de vida de su población se va a ver mermada, especialmente a partir de la segunda mitad de este siglo, cuando los efectos del cambio climático podrían hacerse ya patentes de una forma dramática.

# PRODUCCIÓN SOSTENIBLE DE BIOCARBURANTES

Carlos Alberto Fernández López

## RESUMEN:

Exigir el cumplimiento de unos requisitos de sostenibilidad ha pasado a ser un lugar común en el debate actual sobre el desarrollo del sector de los biocarburantes. Sin embargo, la falta de una interpretación común de lo que esto supone es un problema que amenaza con desacreditar el propio concepto de sostenibilidad.

Partiendo de la interpretación que de aquel se da en la Estrategia Española de Desarrollo Sostenible y de los últimos avances en la redacción de la Propuesta de Directiva relativa al fomento de las energías renovables, esta ponencia pretende analizar los aspectos que definen la producción

sostenible de los biocarburantes conforme a los argumentos que han sustentado la posición española en los grupos de trabajo constituidos con ese fin en las instituciones europeas.

La base de esos argumentos se encuentra en la atención a las múltiples dimensiones de la sostenibilidad, que junto a la ambiental (balance de gases de efecto invernadero, presión sobre los recursos hídricos, etc.) incluye siempre la social y la económica (por ejemplo, condiciones laborales o impactos en la economía local). Sólo bajo este enfoque se pueden desarrollar criterios y herramientas útiles a la sociedad de cara a alcanzar el objetivo de conciliar prosperidad económica, bienestar social y respeto al medio ambiente.

# EL PAPEL DE LAS ENERGÍAS RENOVABLES EN LA SOLUCIÓN SOSTENIBLE AGUA-ENERGÍA

Julián Blanco

## RESUMEN:

En el contexto de la crisis energética que se nos avecina es evidente que los problemas de agua se van a agravar sustancialmente. Recíprocamente, debido a la estrecha relación entre el agua y la energía, los problemas del agua también van a contribuir a aumentar las consecuencias de los problemas energéticos. Por las mismas razones, al igual que parece evidente que difícilmente se pueda alcanzar un entorno energéticamente sostenible sin una contribución sustancial de las energías renovables, tampoco parece existir una solución sostenible al futuro del agua sin la introducción

de dichas energías renovables: 85 TW técnicamente factibles (de los cuales 60 TW corresponden a la energía solar), frente al consumo energético global de la humanidad de 15,18 TW, en el año 2005. En el caso de la energía solar, además, se da la coincidencia, en casi todo el mundo, de que allí donde existe escasez y problemas de agua se tienen también unos altos niveles de radiación, por lo la conclusión evidente es que tiene todo el sentido apoyar el desarrollo las tecnologías adecuadas que permitan utilizar todas las energías renovables existentes para, de forma simultánea, ayudar a la solución tanto de los problemas energéticos como de los del agua.

# NUEVOS ENFOQUES Y SOLUCIONES EN TECNOLOGÍAS DE GENERACIÓN TÉRMICA (REFRIGERACIÓN) E HIDRÁULICA (MULTIUSO, BOMBEO Y EÓLICA)

Alfredo Cillero

## RESUMEN:

Tradicionalmente en la industria se ha utilizado el agua como un recurso inagotable, pero en cualquier proceso de transformación térmica se requiere agua como vehículo de transformación de energía y como fuente o sumidero del calor residual del proceso (refrigeración).

Así nos encontramos con que del agua usada por la industria, las 2/3 partes del agua residual generada lo es en la refrigeración de procesos, que a su vez previa la depuración parcial se devuelve al medio, en parte degradada y mermada por pérdidas por fugas y evaporación.

En la generación eléctrica hidráulica se utiliza el agua como vehículo de transformación de la energía almacenada en energía eléctrica, pero al ser el agua un bien cada vez más escaso, se producen interferencias entre las necesidades de abastecimiento a poblaciones y la necesidad de generar energía. Esta interferencia es cada vez más patente conforme la población aumenta y requiere mayor demanda de agua y a su vez de energía.

Este modelo es necesariamente revisable ante la exigencia de reducir el consumo en un escenario creciente de población, para lo cual las propuestas más realistas y de alcance tecnológico inmediato se basan en aplicar políticas de ahorro a través

de mejora de eficiencia energética creciente, reutilización del agua, políticas definidas de “vertido cero” (ZLD) y del reuso de aguas de proceso y depuradas de población. En este camino se alinean tecnologías de desarrollo como:

- ▶ En eficiencia energética; de ciclos combinados más eficientes (>60% rendimiento), calderas de carbón supercríticas e hipercríticas en fase de desarrollo, captura de CO<sub>2</sub>.
- ▶ En reducción el consumo de agua, refrigeración seca, emplazamientos energéticos en zonas costeras, refrigeración en ciclo abierto o por torres con agua de mar.
- ▶ Reusos de agua a través de procesos de micro filtración y osmosis inversa, hasta alcanzar el vertido cero (Zero Liquid Discharge).

A esto se une la política de reducción de la dependencia de combustibles fósiles frente al aumento de energías renovables (eólica e hidráulica básicamente). Europa se plantea que en el horizonte del 2020 sea posible abastecer la demanda de energía eléctrica con la participación del 20% en renovables. Para ello se plantea el aumento de la generación eléctrica en eólica y aprovechamiento de los recursos hidráulicos disponibles, así como soluciones mixtas de generación. Entre estas se encuentran las instalaciones de bombeo y proyectos mixtos como plantas eolo-hidráulicas como la de la Isla del Hierro en Canarias.

# ACCIONES EN I+D+I EN LA INTERRELACIÓN AGUA-ENERGÍA

Milagros Couchoud

## RESUMEN:

Las acciones en I+D+i en la interrelación Agua-Energía buscan un objetivo común: alcanzar el desarrollo y el marco tecnológico necesario para que se consuma menos cantidad de agua en el sistema energético y se utilice menor cantidad de energía para el abastecimiento de agua. Se trata por tanto de crear una nueva Economía del Binomio Agua-Energía, en línea con las políticas que sobre eficiencia, sostenibilidad y regulación medioambiental se están implantando en la Unión Europea y en otros países del resto del mundo.

Alcanzar este objetivo supone afrontar los retos en I+D+i que nos eviten quedar encerrados en modelos tecnológicos obsoletos. Es necesario apostar por tecnologías energéticamente sostenibles, que optimicen sus necesidades de agua, así como incentivar las tecnologías orientadas al ahorro energético de cada litro de agua que entra en el ciclo de abastecimiento.

Un claro ejemplo lo constituye la Plataforma Solar de Almería, perteneciente al CIEMAT, donde se desarrollan proyectos de investigación y desarrollo tecnológico como la Detoxificación Solar de Aguas Residuales o Desalación Solar de Agua de Mar. Desde el punto de vista energético, existen otras propuestas como la central hidroeléctrica de Cortes-La Muela (Valencia), o la construcción de una nueva central de ciclo combinado en Málaga refrigerada con aguas regeneradas procedentes de la depuradora de Guadalhorce.

Sin embargo, aún queda mucho por hacer. Las acciones en I+D+i en la interrelación Agua-Energía deberán estar orientadas a analizar las necesidades energéticas e hídricas de nuestro país, buscar soluciones tecnológicas, mejoras en la gestión y en la eficiencia, optimizar los recursos, y en definitiva, encontrar las estrategias necesarias que nos permitan afrontar este importante reto del siglo XXI.

# LA UTILIZACIÓN DE LAS ENERGÍAS RENOVABLES PARA MINIMIZAR EL IMPACTO AMBIENTAL DE LA RELACIÓN ENERGÍA-AGUA Y LA UTILIZACIÓN DEL HIDRÓGENO COMO ALMACENAMIENTO ENERGÉTICO

Luis Carlos Correas Usón y Carlos Javier Navarro Espada

## RESUMEN:

El hidrógeno se postula como un nuevo vector energético complementario de la electricidad y sustitutivo de los combustibles fósiles en el transporte, si bien la evolución tecnológica y la inversión en infraestructuras en la próxima década determinarán el porcentaje de cada vector en el panorama energético futuro. Su importancia en radica en que podría ser el único combustible alternativo susceptible de abastecer a las flotas de transporte por capacidad de generación.

La generación del hidrógeno, para satisfacer los criterios de sostenibilidad, debería de utilizar fuentes renovables y no emisoras de contaminantes ni gases de efecto invernadero, de ahí la importancia de un adecuado acoplamiento con la generación de electricidad renovable. Más aún, siendo el agua la materia prima para la obtención

del hidrógeno, existen implicaciones importantes que interrelacionan el ciclo del agua con el ciclo del hidrógeno como vector energético.

Asimismo, la reflexión sobre la utilización cada vez mayor en términos absolutos y relativos de fuentes renovables en la generación eléctrica conlleva a la necesidad de una mayor, y quizá distinta, capacidad de adaptación de demanda y producción de energía eléctrica, incluyendo soluciones de almacenamiento. En este aspecto, el hidrógeno puede jugar un papel importante en ciertas aplicaciones vinculadas con las energías renovables.

Finalmente, la sustitución progresiva de las tecnologías basadas en combustibles fósiles a hidrógeno supone un cambio cuya magnitud exige una visión estratégica a largo plazo que implique a administraciones, ciudadanos y empresarios, que ya empieza a perfilarse en varios lugares del Planeta.

# AGUA Y ENERGÍA DESDE LA PERSPECTIVA DEL ANÁLISIS ECONÓMICO

Diego Azqueta

## RESUMEN:

El análisis económico ha prestado un valioso servicio a la hora de racionalizar un aspecto tan esencial a la vida como es el de la producción y distribución de energía. Con ayuda de los correspondientes inventarios de emisiones, y los modelos de dispersión adecuados, ha permitido avanzar en la racionalización de las decisiones referentes a cómo, dónde y cuánta energía eléctrica producir, proporcionando una valoración monetaria de los impactos sociales y ambientales ligados cada una de las alternativas posibles de solución del problema. La metodología ExternE, o los Modelos del Mundo Uniforme, constituyen los mejores exponentes de este esfuerzo. El caso del agua es paralelo: esencial para la vida, también necesita ser

producida y distribuida a partir de unos recursos escasos. Tanto la producción de energía como la de agua, por otro lado, están fuertemente condicionadas por la geografía. Es necesario, por tanto, un análisis de eficiencia económica que también ilustre sobre la producción, distribución y uso del agua más eficiente. El concepto de “agua virtual”, así como la valoración económica de los servicios ambientales y sociales del recurso hídrico proporcionan un buen punto de partida. Cuando, finalmente, se comprueba que el agua juega un papel muy relevante, directa e indirectamente, en la producción de energía, y que la energía es un elemento prácticamente indispensable en la producción y distribución de agua, la necesidad de un Análisis Coste Beneficio integral y global se hace ineludible.

# EL AGUA Y LA ENERGÍA EN LA POLÍTICA ECONÓMICA

Juan Gradolph

## RESUMEN:

Energía y agua son dos recursos naturales clave para un desarrollo económico sostenible. Ambos comparten características de especial importancia: su escasez y su relevancia social. En España, agua y energía condicionan decisiones económicas en la agricultura, el desarrollo urbanístico, el turismo o la industria. La gestión del agua y de la energía suponen un reto para los gestores públicos, que deben tomar una decisión sobre el nivel apropiado de protección de los consumidores y, a la vez,

fijar un nivel de consumo eficiente, que garantice la sostenibilidad del recurso. La señal de precios del mercado puede estar sujeta a distorsiones, y muchas veces incluso se desconoce. La política económica tiene instrumentos para que, una vez descontado el carácter esencial del agua y de la energía, los agentes dispongan de una señal de precios para tomar una decisión eficiente sobre el nivel de explotación, consumo e inversión, que garantice la sostenibilidad del recurso y maximice el bienestar de la sociedad.

# ESCENARIOS DEL AGUA DESDE UNA PERSPECTIVA EMPRESARIAL

Jürg Gerber

## RESUMEN:

Sin agua no hay negocio. Las empresas deben conocer y comprender las condiciones del agua existentes en el ámbito local para tomar decisiones inteligentes. No es hasta ahora que muchos están empezando a entender lo esencial que es el agua para todo en la vida –comida, energía, transporte, naturaleza, ocio, identidad, cultura, normas sociales y virtualmente todos los productos utilizados de forma cotidiana. En un contexto de crecimiento de población y desarrollo económico que fomentan el crecimiento de la demanda para todo tipo de satisfactores, el valor pleno del agua está siendo de un interés creciente para todos. La escasez con frecuencia anima a una mejor gestión de los recursos.

Para algunos negocios esta relación significa nuevas oportunidades económicas para contar

con agua suficiente para hacerle frente a su demanda o para encontrar soluciones que mejoren la calidad del agua y la eficiencia en su uso o aprovechamiento. Para otros, significa un escrutinio más severo sobre como ellos, sus cadenas de distribución, y sus mercados acceden y usan el agua, y como nuevos riesgos afloran en sus negocios al competir con otros usuarios.

El Consejo Mundial Empresarial para el Desarrollo Sostenible (WBCSD) ha estado documentando experiencias de negocios exitosas en el ámbito de la gestión del agua, alianzas o asociaciones y provisión de servicios de agua a los pobres desde que creó su primer grupo de trabajo en agua en 1997. En 2004, el grupo de empresas de la WBCSD que representamos decidió reforzar nuestro esfuerzo colectivo para ayudar a las empresas a comprender el porqué debían reflexionar en torno al agua y qué podían hacer en torno al tema.

# LA CONEXIÓN AGUA - ENERGÍA - GASES DE EFECTO INVERNADERO

Gary Klein

## RESUMEN:

En 2005, California empezó a estudiar seriamente las relaciones existentes entre agua-energía-gases efecto invernadero en el Estado. Ahorrando agua se ahorra energía. Ahorrando energía se ahorra agua, tanto si están en torres de refrigeración en edificios como si son plantas termoeléctricas que usan agua para refrigeración. Se ahorra más en California del Sur que en California del Norte debido al sobre coste energético que supone el importar agua. Ahorrar agua utilizada al aire libre es bueno (bombeo, tratamiento y distribución), ahorrar agua utilizada en los interiores es mejor (no retirada de residuos, tratamiento y vertido) y ahorrar agua caliente es todavía mejor (no utilizar energía también para calentar el agua). Los objetivos son:

1. Comprender la magnitud de la conexión entre agua-energía-gases efecto invernadero en California. Comprender sobre la variabilidad de esta relación en diferentes regiones en el Estado. Ampliar la discusión a otras partes del país (se refiere a Estados Unidos de América).
2. Identificar sinergias de esta conexión que consigan que se convierta en una candidata de primer nivel para ser integrada en los programas conjuntos entre las agencias de agua y energía.
3. Discutir en torno a programas y políticas que de forma simultánea permitan mejorar la eficiencia de la conexión existente entre agua-energía-gases efecto invernadero.
4. Expandir las implicaciones del análisis realizado en el Estado de California para el resto de los Estados Unidos y a otros países.

# SEGURIDAD ENERGÉTICA Y CLIMÁTICA PARA EUROPA Y MÁS ALLÁ

A. Battaglini, J. Lilliestam y A. Haas

## RESUMEN:

El incremento de las necesidades energéticas y las amenazas surgidas por el cambio climático imponen nuevos e inesperados retos para el actual sistema energético. Se necesita de un cambio fundamental hacia una economía decarbonada para alcanzar la seguridad energética y climática. Europa se ha comprometido ante sí misma a reducir sus emisiones en un 20% para el año 2020, a contar con un 20% de su electricidad procedente de fuentes renovables de energía y a contribuir a no superar los 2°C de incremento medio de temperatura global, tomando como referencia los niveles pre-industriales. Con el objeto de alcanzar sus metas Europa necesita desarrollar e implementar políticas que fomenten una transición hacia un sistema eléctrico basado en un 100% en energías

renovables. Entre las diferentes opciones tomadas en consideración está la posibilidad de conectar Europa con el Norte de África a través de líneas de alta tensión (HVDC) que transporten energía producida desde fuentes de energía renovables. Para las discusiones que buscan un acuerdo tras el 2012 puede ser importante que la Unión Europea, junto con socios interesados, proponga un ambicioso plan, que combine fuertes incrementos del uso de energías renovables en la Unión Europea con una perspectiva de cooperación hacia una región de países en vías de desarrollo que aseguren la seguridad energética y la reducción de gases que provocan efecto invernadero en ambas regiones a la vez que suponga un acicate para desarrollar y aplicar importantes tecnologías e instrumentos que pueden jugar un importante papel a escala mundial.

# LAS INTERACCIONES AGUA-ENERGÍA: UNA APROXIMACIÓN A LOS RETOS EN DIFERENTES ESCALAS

Jean François BONNET

## RESUMEN:

Esta comunicación realiza una presentación general sobre las relaciones existentes entre el agua y la energía, y un análisis rápido de sus retos asociados. Hace referencia a diversos trabajos científicos y técnicos realizados o iniciados desde el año 1998 en relación con este tema en la Universidad de Burdeos y en Trefle. Diferentes ideas han sido extraídas del trabajo de Tesis realizada por X. Goznes sobre cuestiones energéticas en el campo del riego, así como en múltiples trabajos colectivos. En torno a la cuestión del “agua y las bioenergías”, hace también referencia a los trabajos que se están realizando en torno al estudio prospectivo CLIP “agua y biocombustibles 2030 en Francia”, realizado en colaboración con D. Lorne (IFP).

El objetivo de la presentación es aportar un panorama general sobre las interacciones agua-energía a partir de un enfoque a diferentes escalas: global, regional / nacional, y local. La metodología se basa en:

- La identificación de las principales relaciones que se dan de emparejar agua y energía,
- La descripción física de procesos, de sistemas y de los flujos implicados,
- La evaluación cuantitativa en términos de amplitud,
- El estudio de los casos concretos para completar el análisis, en especial a nivel local.

La primera parte de la presentación contextualiza las cifras que relacionan la producción eléctrica, la hidroelectricidad, y el abastecimiento

de agua. Las relaciones se estudian para los casos de algunos países desarrollados (Francia, Estados Unidos) o en vías de desarrollo (India, China). El estudio del caso de la ciudad de Jaipur (India) permite comparar los costos energéticos del aprovisionamiento de agua, según diferentes alternativas (1. caso de base, 2. transporte de larga distancia, 3. gestión compartida de los recursos locales con el riego).

La segunda parte hace referencia al agua y a la producción de biomasa. El estudio de los flujos energéticos en el sistema alimentario mundial permite situar a escala global el tamaño, los rendimientos, y la tasa de consumo de los recursos vegetales. Las biomásas explotadas movilizan en torno al 20% del flujo de evaporación total de los continentes. Los procesos de base en la movilización del agua (evapotranspiración, balance hídrico) se describen brevemente y los valores son comparados para varios cultivos representativos. Como conclusión, el desarrollo de las bioenergías debe ser abordado en una visión de sistema global.

Una parte de los resultados provienen de los trabajos con X. Goossens, y con D. Lorne.

## PALABRAS CLAVE:

Relaciones agua-energía, desarrollos, energía el aprovisionamiento de agua, agua y bioenergía, energía alimentaria

Semana Temática 10

# NUEVAS FUENTES DE AGUA

[ Reutilización y Desalación ]



# Documento de Síntesis

Coordinadores Generales

**Ángel Cajigas.** Director General Ejecutivo de la Asociación Tecnológica para el Tratamiento del Agua (ATTA).

**Miguel Torres.** Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas (CEDEX).

## CONSIDERACIONES PREVIAS

Son cada vez más frecuentes los episodios ó las situaciones en las que los recursos hídricos disponibles no son suficientes para afrontar las demandas.

Se conjugan causas de variada índole que no permiten ser optimistas sobre todo, cuando en un determinado período, todas confluyen.

Existen realmente menos recursos naturales porque las condiciones climatológicas son adversas cada vez con más frecuencia en determinadas áreas, existiendo territorios condenados por ello a sufrir una significativa reducción de las aportaciones hídricas que se agudizarán como consecuencia del previsible cambio climático. La ONU estima que entre un 20% y 25% se reducirán las lluvias en el área mediterránea en las próximas décadas y se prevé que el estrés hídrico puede llegar a afectar al 30% de la población mundial en 2.025.

En este punto sólo nos queda esperar a que la realidad contradiga a la predicción.

Por otra parte el factor medioambiental también juega en contra de la disponibilidad de los recursos hídricos, no solamente por su inadecuada calidad que en algunos casos, puede llevar a hacer inservibles las masas de agua contaminadas sino porque teniendo en cuenta la nueva política europea, cuyo eje vertebrador es una mayor protección de los ecosistemas, el imperativo de man-

tener caudales circulantes con objetivo ambiental reducirá las posibilidades de su uso consuntivo. Es decir por el lado de la oferta nos encontramos con una reducción de recursos utilizables.

Por lo tanto y por el lado de la demanda nos enfrentamos a mayores necesidades para atender a una mayor población, concentrada además en zonas del litoral donde precisamente están más amenazados los recursos y sometidos por otra parte a puntas de estacionalidad que impiden en ocasiones ofrecer las exigibles garantías de abastecimiento.

Si concluimos que contamos con un modelo de desarrollo basado en el consumo donde la cultura del ocio, coadyuvante al crecimiento económico de una determinada región, provoca mayores consumos de agua, estamos ante un escenario de demandas crecientes allí donde disponemos de menos recursos hídricos.

Enunciado el diagnóstico cuál podría ser la terapia.

El Foro Mundial de México de 2006 concluyó que si globalmente no hay escasez de agua es la crisis en la gobernanza lo que hace percibir el déficit de recursos. Y vino a recalcar que no hay problema de agua en el mundo sino mala gestión y en algunos casos ausencia total de la misma.

¿Debemos aceptar esta conclusión como un paradigma sin más?

Sería aceptable como una verdad a medias. Ya que ¿Cómo entender la ausencia de gestión en un país donde las diferencias de pluviometría de una región a otra es de 1 a 5 y donde las posibilidades de transferir los caudales por diversas motivaciones se hace cada vez más difícil?

Pero sí es fácil entender que no es lo mismo gestionar la abundancia que la escasez. No habría más que mirar al centro y norte de Europa ¿Por qué si no España es el país europeo con mayor capacidad de producción de agua desalada y regenerada?

Tenemos por tanto ante nosotros dos grandes retos:

- mejora de la calidad de las masas de agua
- mayor disponibilidad de los recursos hídricos

La vulnerabilidad de los ríos ante los vertidos contaminantes nos obliga a acometer medidas correctoras que minimicen el impacto ambiental y eleven la capacidad de uso del agua a través de sistemas de recogida y tratamiento de las aguas residuales.

España tras poner en marcha el Plan Nacional de Depuración ha alcanzado un alto grado de tratamiento de sus vertidos (>80% hasta depurar más de 3.500 hm<sup>3</sup>/año) produciendo una notable mejora de los índices que miden el estado cualitativo del agua.

Un nuevo Plan de Depuración viene a sustituir al anterior para hacer frente a nuevos desafíos unas veces tecnológicos y otros derivados de una mayor carga orgánica originada por el incremento de la población.

Para una mayor disponibilidad de los recursos debemos poder acometer medidas de muy diferente índole.

En relación con la demanda habrá que seguir mejorando la eficiencia de los sistemas hidráulicos de almacenamiento, distribución, etc., limitando sus fugas, es necesario seguir con un plan de modernización de regadíos para aprovechar mejor el agua y reducir su consumo por hectárea, en fin habrá que ahorrar agua como consumidores individuales o colectivos.

Estas medidas, muchas de ellas en marcha, consiguen sin duda significativos ahorros de agua pero con ser necesarias no son suficientes.

Y si no lo son y al menos no parece que lo sean, que podemos ofrecer desde el lado de la oferta?

Allí donde los recursos naturales resulten deficitarios porque las aguas superficiales en momentos de sequía no son suficientes, y porque las aguas subterráneas, por problemas una vez cualitativos y otras cuantitativos, tampoco aportan los recursos necesarios, sopena de llevarles a la condición indeseada de sobreexplotación ó de esquilmar recursos no renovables y ante las dificultades de hacer transferencias de otras cuencas, no nos queda mas que explorar las posibilidades que ofrecen las tecnologías para la obtención de nuevos recursos hídricos, nuevas fuentes de agua que aporten recursos complementarios que ayuden sin duda a una mejor y más sostenible gestión del agua.

Las nuevas fuentes de agua son:

- Aguas Regeneradas procedentes generalmente de un tratamiento más avanzado de las aguas residuales ya depuradas
- Aguas Desalinizadas de mar o salobres

Las aguas regeneradas pueden ser reutilizadas para diferentes usos que van desde el riego agrícola menos restrictivo y que necesita menor calidad hasta usos de tipo urbano o con contacto humano que requieren una calidad más exigente pasando por usos emergentes como el baldeo de calles o el riego de campos de golf sin despreciar usos de tipo ambiental que tendrán en el futuro gran aceptación. Todos estos usos y el grado de calidad exigido en cada caso están regulados en el recientemente aprobado Real Decreto que establece el régimen jurídico de la reutilización de las aguas depuradas.

Por su parte la desalación permite obtener un agua de gran calidad partiendo de un recurso ilimitado como es el agua del mar no influenciada, en principio, por condiciones climatológicas y en tanto en cuanto las innovaciones tecnológicas lo permitan es competitivo para el abastecimiento

público. Se trata de un recurso complementario y como tal debe entenderse a otros recursos naturales que en determinadas áreas localizadas o en condiciones particulares de déficit se puede convertir en clara alternativa.

Tanto la regeneración de las aguas para su reutilización como la desalación de agua de mar ó salobre implican la aplicación de tecnologías suficientemente consolidadas y de probada eficiencia que nos permiten considerar estas opciones como soluciones viables y factibles a la hora de hacer frente a los desafíos que nos plantea cualquier situación de crisis de agua.

Por lo tanto y no debiendo aceptar que la falta de agua se convierta en un factor limitante de desarrollo sostenible se ha de promover el impulso de las tecnologías del tratamiento del agua en su doble función de mejora de la calidad e incremento de su disponibilidad.

Se trata pues de reforzar la gestión de la demanda con elementos de oferta hídrica perfectamente compatibles con los nuevos objetivos que señala la política europea del agua.

“Un uso más eficiente del agua basado en una estrategia de la demanda (limitando su crecimiento) que impida malgastar los escasos recursos (no siempre de buena calidad) limitando prácticas abusivas en el uso del agua”.

## REUTILIZACIÓN

La reutilización de las aguas residuales regeneradas es una práctica consolidada tanto en España principalmente en el riego agrícola desde hace más de treinta años siendo las Islas canarias y el sudeste peninsular las zonas donde más aplicación ha tenido debido al déficit de recursos naturales y que en los últimos años se ha potenciado al ser la gestión sostenible el principio inspirador de la Directiva Marco del Agua al permitir:

- Incrementar los recursos existentes allí donde la alternativa de las aguas depuradas es su vertido al mar
- Mejorar la gestión de los RRHH al liberar aguas de mejor calidad para usos que así lo requiera (abastecimiento)
- Garantizar la fiabilidad y regularidad

Dos son los elementos clave que deben regir la práctica de la reutilización:

- Garantía y fiabilidad ligadas al concepto de cantidad y por tanto de disponibilidad del recurso
- Riesgo sanitario ligado al concepto de calidad

Ahora bien las propias fortalezas se convierten en debilidades cuando no somos capaces de aprovechar al máximo sus oportunidades.



### Regeneración

procesos de tratamiento adicional ó complemento que permiten adecuar la calidad del agua depurada al uso que se destina.

### Reutilización

Aplicación de las aguas regeneradas a los nuevos usos

No todas las aguas depuradas pueden reutilizarse al tener que garantizar ciertos retornos a los cauces receptores para asegurar los caudales mínimos en unos casos y para hacer frente a concesiones existentes en otros.

De aquí que se repita constantemente que las oportunidades para la reutilización son mayores cuando las aguas depuradas vayan al mar y por tanto esa garantía del recurso nuevo irá ligada a la zona propia de generación del mismo.

Por otra parte existen limitaciones a la reutilización muy unidas al concepto calidad.

- Riesgo sanitario en relación no sólo con los consumidores sino también con los usuarios del agua regenerada.
- Exceso de salinidad como consecuencia generalmente de la calidad del agua de abastecimiento o de intrusión masiva en la red de colectores.

El objetivo de la Normativa recientemente aprobada por el Ministerio de Medio Ambiente es regular el uso de las aguas depuradas precisando la calidad exigible según los usos previstos así como los necesarios controles que deben llevarse a cabo para asegurar su cumplimiento.

La calidad del agua regenerada es muy variable y en ocasiones no conforme con los criterios de calidad y como consecuencia pierde fiabilidad lo que no genera confianza en los usuarios y aquí el aspecto estético (incluido el olor) juegan un papel fundamental para que los regantes, los gestores de un campo de golf o los clientes de los usos industriales no estén dispuestos a aceptar las aguas residuales no adecuadamente regeneradas y mucho menos si se trata de un intercambiado o sustitución de recursos.

Por tanto la garantía y fiabilidad están condicionadas por los propios usuarios que han de percibir que las aguas regeneradas cumplen sus expectativas cualitativas venciendo así el posible efecto psicológico adverso.

Y aquí los operadores de las plantas de depuración y de regeneración, la administración hidráulica competente, los tecnólogos y también los usuarios han de ser rigurosos tanto en el se-

guimiento de los programas de control como en el cumplimiento de las normas de calidad y los códigos de buenas prácticas.

Sólo así podremos de verdad considerar a las aguas regeneradas como un recurso complementario o alternativo y en definitiva una “nueva fuente de agua de suministro”.

## LA REUTILIZACIÓN EN ESPAÑA

Si nos referimos a una reutilización directa y planificada nos tenemos que remontar a los años setenta que es cuando la construcción de las primeras depuradoras en las Islas Canarias permite contar con agua para el riego de cultivos, campos de golf, zonas ajardinadas etc., en un territorio característico por su déficit de recursos hídricos y coincidiendo prácticamente en el tiempo con las primeras desaladoras de agua de mar.

Pronto se aplican las aguas residuales depuradas al riego de cultivos en el área mediterránea como Murcia, Alicante y Almería que darán pie más tarde a proyectos más ambiciosos a lo largo y ancho de toda la franja costera de manera que una gran parte de las aguas depuradas no se vierten a través de emisarios submarinos al ser sometidas a una fuerte presión por determinados usuarios para su aplicación fundamentalmente en el riego agrícola y de campos de golf.

Ahora bien conforme se va generalizando la práctica de la reutilización mas se hace necesaria la elaboración de un marco normativo que regule su uso.

Cuando los usos de las aguas depuradas empiezan a extenderse al riego de parques y jardines públicos, el baldeo de calles, a usos con objetivos medioambientales o a la reinyección de acuíferos y ante posible riesgos al consumir productos crudos regados con aguas depuradas es inevitable promulgar una norma regulatoria cuya base jurídica venía implícita en la propia ley de Aguas al señalar que “El Gobierno establecerá las condiciones básicas para la reutilización de las aguas”.

## Criterios de Calidad para la Reutilización de las Aguas Según Usos

|                        | Calidad Excepcional   | Calidad I   | Calidad II  | Calidad III  |
|------------------------|---|---|---|--|
| <i>E.coli</i>          | 0/ ausencia   | 100 UFC/ 100 ml   | 1000 UFC/ 100 ml  | 10000 UFC/ 100 ml  |
| Sólidos en Suspensión  | 10 mg/l   | 20 mg/l   | 35 mg/l   | 35 mg/l  |
| Nematodos Intestinales | 1 huevo/10 l  | 1 huevo/10 l  | 1 huevo/10 l  | 1 huevo/10 l   |
| Turbidez               | 2 UNT   | 10 UNT  | No se fija  |  |
| Observaciones          | Torres de _MES<5<br>refrigeración Turbidez <1   | Para riego de parques y<br>baldeo de calles<br><i>E.coli</i> < 200 UFC/100 ML   |   | Turbidez 15 UNT para<br>aguas de proceso   |
| Usos                   | <ul style="list-style-type: none"> <li>● Nematodos Intestinales</li> <li>● Torres de refrigeración</li> <li>● Recarga de acuíferos por inyección</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>● Riego cultivo (consumo crudo y contacto directo)</li> <li>● Campos de Golf</li> <li>● Riegos parques y jardines</li> <li>● Baldeo de calles</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>● Riego cultivos (contacto directo consumo no fresco)</li> <li>● Agua proceso y limpieza en industrias alimentarias</li> <li>● Recarga de acuíferos percolación</li> <li>● Riego pastos</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>● Riego cultivos industriales, viveros, leñosos, flores, etc...</li> <li>● Aguas de proceso y limpieza</li> <li>● Estanques y masas de agua sin acceso público</li> </ul> |

### Real Decreto 1620/2007 por el que se establece el régimen jurídico de la reutilización de las aguas depuradas

En el tiempo transcurrido entre la Ley de Aguas y la promulgación definitiva del Real Decreto de Reutilización muchos han sido los proyectos de depuración de aguas residuales que han ido incorporando tratamientos de regeneración que han permitido obtener un agua de gran calidad perfectamente compatible con la mayor parte de los usos previstos, aún los más exigentes, como lo demuestra la innovadora aplicación de sistemas de membranas en muchas instalaciones, el uso generalizado de sistemas de desinfección por rayos ultravioletas, etc.

Desde el punto de vista de la legislación es el riesgo sanitario el que se trata de minimizar dejando los parámetros de tipo agronómico para una norma o recomendación sectorial.

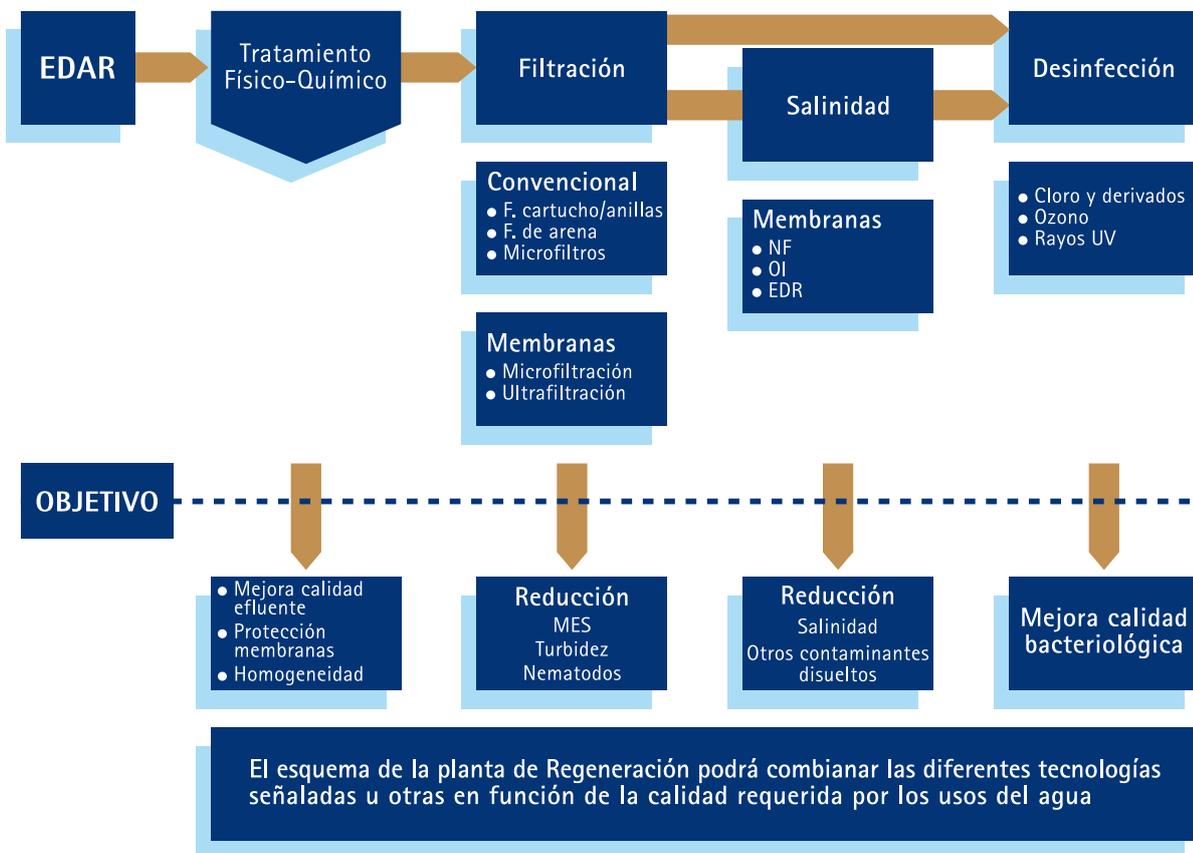
Es por esta razón que son los parámetros microbiológicos o aquellos cuya reducción permiten una mejor eficiencia de los sistemas de desinfección para los que se establecen criterios de calidad.

Los sólidos en suspensión, la turbidez (por su relación con la presencia de los virus), los nematodos intestinales y los *escherichia colis* son los indicadores que tras un dilatado período de análisis y debate han sido seleccionados para clasificar el agua según los diferentes usos si bien y teniendo en cuenta que usos especiales requieren controles también especiales se deben tener en cuenta otros indicadores complementarios como salmonella (en función del mayor o menor riesgo de aerosolización), nutrientes para usos medioambientales, etc.

Si nos fijamos en el criterio de los z-colis se advierte que los límites impuestos van desde cero o ausencia hasta 10.000 UFC/100ml, estableciendo los valores más rigurosos para usos en los que existe alta probabilidad de contacto humano con el agua pretendiendo incluso la nula incentivación de los mismos.

En cualquier caso las tecnologías multibarrera y los sistemas de desinfección permiten garantizar

## TRATAMIENTOS DE REGENERACIÓN



los rendimientos suficientes para hacer compatible el uso con la calidad bacteriológica en cada caso.

Actualmente existe en España una capacidad de regeneración de aguas depuradas de 450-500 hm<sup>3</sup>/año lo que representa el 13% del total de aguas depuradas, siendo oportuno recalcar que Comunidades como Murcia y Valencia están muy por encima de ese porcentaje.

Es evidente, como ya se ha comentado anteriormente, que no todas las aguas depuradas son susceptibles de reutilización y que los usuarios no necesitan a lo largo del año los mismos caudales y están además en función de la propia climatología pero también es verdad que se han detectado fallos de planificación y en ocasiones falta de garantías de calidad lo que ha provocado la no aceptación de las aguas regeneradas.

El Plan ahora en marcha para incrementar las aguas regeneradas hasta 1000-1200 hm<sup>3</sup>/año debe tener en cuenta estas consideraciones identifican-

do los proyectos y sus necesidades, los usos, las tecnologías aplicables su coste de explotación y sobre todo debe promover incentivos suficientes para garantizar la aceptación de los potenciales usuarios.

### EL RETO DEL FUTURO

De acuerdo con las estimaciones hechas en diferentes estudios publicados por la ONU y otras Organizaciones no cabe ser optimistas de cara al futuro ya que las expectativas que se ofrecen producen más bien incertidumbre en relación con los recursos hídricos.

Por lo tanto y al margen de la reflexión necesaria sobre los modelos de desarrollo todas las alternativas en materia de agua van a ser necesarias desde interconexiones más o menos lejanas, hasta una mejor gestión de recursos subterráneos, em-

pleo de cultivos o prácticas de riego menos consumidoras de agua así como la previsión de sistemas tecnológicos que aporte nuevos recursos que en muchos casos aportarán garantía de suministro a los recursos llamados convencionales.

En estos momentos tanto la reutilización de aguas regeneradas como la desalación representan un muy pequeño porcentaje (2-3%) sobre el consumo total de agua pero sin duda en áreas del litoral mediterráneo donde ya suponen mayores porcentajes, tenderá a incrementarse en el futuro.

Desde la óptica de la regeneración de las aguas depuradas la aplicación de tecnologías de membranas está significando una inestimable mejora de la calidad de las aguas que permiten cualquier uso pero también implica mayores costes.

Por ello la innovación tecnológica debe buscar sistemas energéticamente sostenibles y a costes competitivos.

Se deben impulsar los proyectos de demostración que analicen la viabilidad tanto desde un punto de vista técnico/económico como social y ambiental y sin despreciar cualquier uso.

Como ejercicio práctico se propone el análisis de viabilidad del uso como potable indirecto como ya se ha hecho en California y en Australia dos buenos ejemplos en los que apoyarse como un elemento más para afrontar en el futuro la escasez de recursos hídricos.

## CONCLUSIONES

- La planificación es elemento clave para el éxito de la reutilización que debe entre otras cosas identificar a los usuarios potenciales.
- Hasta donde el mercado y/o el estrés hídrico deben condicionar a los potenciales usuarios a utilizar las aguas regeneradas.
- Gestión del riesgo en el uso de aguas regeneradas, riesgo cero frente a riesgo asumible.

- La salinidad como elemento limitante de la reutilización debe tenerse en cuenta aunque al tratarse de un condicionante agronómico no se incluye en la normativa.

- En un marco de gestión sostenible de los recursos hídricos debe enfatizarse la racionalidad de la demanda y la optimización de la oferta. La reutilización juega aquí un papel clave aún teniendo en cuenta sus limitaciones.

- La mayor amenaza para la práctica de la reutilización son las variaciones de calidad y los fallos de garantía que generan desconfianza en los usuarios.

- Las aguas regeneradas, pueden ser fuente complementaria o alternativa de recursos naturales y como tal debe contemplarse en la gestión de recursos disponibles.

- El impulso o fomento del intercambio de recursos disponibles hará inevitable la búsqueda de incentivos para los usuarios.

- Las administraciones hidráulicas deben jugar un papel preponderante en el ordenamiento de las aguas regeneradas.

- Es imprescindible hacer atractiva la reutilización y poner en valor la capacidad del propio recurso.

## DESALACIÓN

El agua pura prácticamente no se encuentra en la naturaleza. Lo que denominamos comúnmente agua es en realidad una disolución de diversas sales en agua. Desalar es por tanto separar las sales y el agua que forman la disolución.

El viejo sueño del hombre de poder aprovechar el agua del mar ha venido a hacerse realidad con el desarrollo de la tecnología de desalación. Aunque parezca exagerado, este nuevo tratamiento del agua viene a convertir el agua del mar en recurso hídrico, con el que hay que contar de nueva forma en la Planificación Hidrológica. En

realidad, más que considerar la desalación como nueva fuente deberíamos considerar que es un nuevo tratamiento del agua que convierte al mar en la fuente.

El agua tiene entre sus propiedades el ser un gran agente disolvente y limpiador. Estas dos importantes virtudes son la causa a su vez de la pérdida progresiva de la calidad primigenia del agua cuando cae a la tierra. El sol, con el mantenimiento del ciclo hidrológico, además de mantener el "agua dulce" en la tierra, mantiene también la calidad. Mediante la evaporación y posterior condensación en forma de lluvia o por congelación (iceberg), se separan las sales del agua, convirtiendo al mar en realidad en la gran desaladora universal. No se trata por tanto de una mera cuestión terminológica sobre si la desalación es una nueva fuente o un nuevo tratamiento, sino de comprender que si el agua no es aprovechable para todos los usos cuando discurre por la tierra, siendo obligatorio tratarla para su uso y quitarle las impurezas que, de forma natural o no, ha incorporado, del mismo modo al agua de mar habrá que quitarle las sales que en su recorrido terrestre ha disuelto.

Contemplada la desalación desde esta perspectiva, la separación de zonas secas y húmedas en función de la lluvia que reciben, habría que reconsiderarla. Una ciudad marítima ¿debe ser considerada como zona seca porque tenga baja pluviometría, teniendo al lado la gran fuente que es el mar?

La tecnología de la desalación ha tenido un desarrollo extraordinario en los últimos cincuenta años. Toda una serie de circunstancias, nada casuales por otra parte, han contribuido a dicho avance. El desarrollo industrial y su fuerte dependencia de los combustibles fósiles motivaron el enriquecimiento de los países de Oriente Medio, en los que se unía la carencia de agua, imprescindible para la vida, junto a la existencia bajo su suelo de los más importantes yacimientos petrolíferos.

La industria de la extracción y elaboración del petróleo obligó a aportar unos recursos hídricos tanto para la propia industria como para el abastecimiento de la población que se fue asentando alrededor. ¿Qué sería hoy de Dubai, Kuwait, Arabia

Saudita, etc. sin la desalación? No es difícil imaginarlo, si contemplamos otros desiertos del mundo que no tienen en sus entrañas el preciado oro negro.

Fue en estos países de Oriente Medio donde se inició la extraordinaria aventura de la desalación, aplicando los principios físicos de la evaporación y posterior condensación del vapor como forma de separar los componentes de una disolución de sales (principalmente cloruro sódico) en agua, lo que constituye en realidad el agua de mar. Así se cumplió el viejo sueño prometético del hombre, robando a los dioses, el sol en este caso, el secreto de obtener agua dulce a partir del agua del mar, como si se tratara de una lluvia controlada a voluntad.

Se entenderá fácilmente que la necesidad de agua de los países productores de petróleo y el dominio de la técnica antigua de las primitivas máquinas desaladoras empleadas a pequeña escala en barcos, en manos de los países más industrializados, produjo la beneficiosa simbiosis que dio sus frutos en muy poco tiempo. Así se produce la primera ola de la industria de la desalación a mediados de la década de 1950 y desde entonces hasta ahora no ha dejado de avanzar como se verá mas adelante.

Si desalar es separar los componentes de la disolución que constituyen el agua de mar y si al disolver sales en agua se produce una liberación de energía, para desalar, necesariamente habrá que aportar como mínimo la misma cantidad de energía que se libera cuando se forma la disolución. Es la tozuda ley de la termodinámica.

Aunque estas rígidas leyes físicas determinan la energía mínima para la separación, siendo ésta desde el punto de vista teórico independiente del proceso seguido, la realidad es que en la práctica el consumo real es diferente según el proceso, e incluso dentro de un mismo proceso, será distinto de acuerdo con el diseño empleado en cada caso.

El objetivo final es obtener el agua desalada al menor coste posible. Ahora bien, la mezcla hábil de los distintos componentes de cocktail que da origen al menor coste, no tiene una receta única válida en todo lugar y en todo tiempo. Si los

componentes que más peso tienen son el coste de la energía y de la inversión y financiación, se entenderá fácilmente que la realidad de cada país haya marcado de forma muy visible las diversas soluciones tecnológicas aplicadas en los países que tienen recursos petrolíferos y los que dependen de los mismos.

El precio del petróleo y los sucesivos e importantes aumentos experimentados en la década de 1970 marcaron las tendencias de diseño del único proceso de desalación aplicado a escala industrial en este tiempo, el proceso de evaporación. Precios baratos del petróleo daban origen a instalaciones de mayor consumo de energía y más baratas de inversión. A partir del año 1973, con el incremento del precio marcado por los países agrupados en la OPEP, se pasa a mejorar la eficiencia energética de las desaladoras, dando origen a evaporadores de menor consumo aunque de mayor coste de inversión. Este avance en los diseños llega a un máximo, alcanzando el techo tecnológico en los primeros años de la década de 1980.

Esta búsqueda constante por rebajar el consumo específico como la forma más correcta de rebajar el coste del agua desalada, en la que hay que destacar el papel pionero de España en esta batalla, construyendo instalaciones que han batido record de eficiencia en el mundo, forzó el desarrollo de la tecnología de ósmosis inversa como la única forma viable de atender las demandas de agua en las zonas donde se venía aplicando e incluso atender a otras nuevas

Puede decirse sin temor a la exageración que los sucesivos aumentos del precio del petróleo, experimentado desde 1970 hasta hoy, han sido el mejor acicate para la mejora de la tecnología de desalación, optimizando los procesos de evaporación hasta alcanzar su techo tecnológico, pasando después a la ósmosis inversa por su mejor eficiencia energética.

El agua desalada es en este momento más barata que en 1970 a pesar del fuerte aumento de los combustibles. Este "milagro" se debe exclusivamente al desarrollo experimentado en la

tecnología de ósmosis. De autentica revolución tecnológica hay que calificar el avance producido en este camino. Pasar de una cifra cercana a 50 Kwh/m<sup>3</sup> como energía total en el proceso a una cifra de 3.5 Kwh/m<sup>3</sup> en la actualidad ha sido la auténtica causa del fuerte incremento de la capacidad instalada en desalación en el mundo

La bajada del coste del agua ha significado por una parte el aumento de demanda, siguiendo una evidente ley económica, pero también un aumento de la demanda de las membranas de ósmosis, lo que ha permitido que la industria que fabrica estos elementos dedique más esfuerzo investigador para obtener mejores productos y más baratos. Esta interesantísima carrera ha permitido que recientemente se alcancen precios en el mercado internacional entre 0.55 y 0.60 \$/m<sup>3</sup>, absolutamente impensables hace sólo algunos años.

El criterio muy generalizado de que el coste del agua desalada es alto llevaba encadenado otro criterio de que sólo podía utilizarse en casos extremos y para uso exclusivo de agua de abastecimiento urbano. Así ha venido ocurriendo desde el principio hasta la aparición con fuerza de la ósmosis inversa. Es cierto que la desalación por evaporación vino a demostrar que, a pesar de su alto coste, podía aplicarse al abastecimiento de zonas hidrológicamente deficitarias pero con potencial crecimiento turístico. Este es el caso de Lanzarote, Fuerteventura y Gran Canaria en España. En estos tres casos se demuestra a la perfección que el factor que verdaderamente limitaba el desarrollo no era el precio del agua sino la falta de la misma. También se demostró en estos casos que entre las formas no convencionales de resolver el déficit hídrico, desalación, transporte en barco e incremento artificial de precipitaciones (lluvia artificial), el único que se demostró viable técnica y económicamente, fue la desalación. El cambio espectacular en el desarrollo turístico de estas islas viene a demostrar lo dicho antes sobre el factor limitante.

En la actualidad estamos asistiendo a otra nueva ruptura del concepto de que el agua desalada no podría aplicarse para la agricultura. Si bien

es cierto que no se puede utilizar agua desalada para la agricultura tradicional, la agricultura de productos de alto valor añadido, en la que todo el proceso productivo es asimilable a un proceso industrial, sí permite asumir los costes reales actuales de la desalación. Las expectativas actualmente abiertas de la aplicación del agua desalada a este campo son muy halagüeñas.

La revista Global Water Intelligence, de reputado prestigio por su profunda información presenta los siguientes datos muy realistas al final de 2006

|                         |                         |
|-------------------------|-------------------------|
| Crecimiento 2001 a 2006 | 12% anual               |
| Crecimiento previsto    | 13.4% anual             |
| Previsión 2010          | 64 hm <sup>3</sup> /día |
| Previsión 2015          | 98 hm <sup>3</sup> /día |

Los principales inversores en desalación hasta el año 2015 son: Arabia Saudita, EUA, China, Argelia, Kuwait, USA, Libia, España, Omán, Qatar, México e Irán.

El caso español es bien elocuente del cambio experimentado en cuanto al uso y extensión de la desalación. La sustitución del trasvase del Ebro, como forma casi exclusiva para resolver el déficit hídrico de la costa mediterránea, por un plan de actuaciones de reutilización, ahorro y sobre todo de desalación, es bien significativo de la importancia que, en la actual planificación hidrológica, ha tomado la desalación de agua del mar. Si al principio del año 2004 había en España una capacidad instalada de 150 hm<sup>3</sup>/año, al final de 2010 se habrá llegado a una cifra superior a 900 hm<sup>3</sup>/año. Estos valores contemplados en el Programa A.G.U.A., no habrían sido posibles sin el avance tecnológico experimentado y la consiguiente bajada del coste. Se puede decir tajantemente que el Programa A.G.U.A. no habría sido posible con tecnologías de evaporación. El caso que se está produciendo en Israel es bastante similar al español y valen las mismas conclusiones.

Los aspectos medioambientales, que deben ser contemplados de forma inexcusable para hacer de la desalación una actividad sostenible, se centran principalmente en dos apartados: el vertido al mar

de la salmuera de rechazo y en el consumo energético y su participación en las emisiones de gases de efecto invernadero.

En cuanto al vertido de salmuera hay que dejar bien claro que las instalaciones desaladoras no vierten sal al mar como en muchos casos se interpreta y se manifiesta de forma ignorante, cuando no malintencionada. Las desaladoras devuelven al mar la misma sal que antes han extraído. Bien es cierto que la misma cantidad de sal se disuelve en un volumen de agua que representa aproximadamente la mitad, lo que significa que devolvemos la misma sal formando parte de un fluido de doble concentración. Para evitar que esta salmuera, de mayor concentración y mayor densidad se dirija al fondo marino, donde puede haber especies que no toleren esta salinidad, hay que provocar la mezcla de la salmuera con la propia agua de mar para producir la disolución antes del contacto con la flora sensible. Las formas de producir la disolución son varias y en todos los casos se pueden encontrar la mejor forma, técnica y económica, para evitar completamente los efectos perjudiciales de la salmuera. En resumen, la solución técnica para diseñar el vertido de salmuera, siempre existe y por tanto puede decirse con rotundidad que una desaladora bien diseñada no produce impacto negativo alguno, ni en la flora ni en la fauna marina, en lo que al vertido de salmuera se refiere.

En cuanto a las emisiones de gases de efecto invernadero, también hay que dejar claro que las desaladoras no vierten CO<sub>2</sub> a la atmósfera. Será la generación de la energía eléctrica, necesaria para el funcionamiento de la desaladora la responsable de la emisión de CO<sub>2</sub>, y por tanto, la que deberá resolver este asunto. La mejor forma de contribuir a la disminución de emisión global de gases de efecto invernadero por la actividad de la desalación es rebajando el consumo específico, buscando la máxima eficiencia energética en el proceso, como lo debe hacer cualquier otra actividad consumidora de energía, y la mejor contribución de la industria eléctrica también será mejorando su propia eficiencia e incorporando en la mayor medida posible las energías renovables, dentro de la producción eléctrica global.

La desalación no ha llegado aún a su techo tecnológico. Hay que pensar que las membranas son el elemento básico donde hay que centrar el desarrollo futuro. La rebaja de consumo energético debe venir de la mejora de la productividad de las mismas, disminuyendo la presión actual de trabajo. Hay que pensar que a corto y medio plazo, la aplicación del esperanzador campo de la nanotecnología dé frutos satisfactorios.

Debemos pensar que el futuro de la desalación que ha convertido el mar en la gran nueva fuente, aunque tan antigua, llegue a resolver el arduo problema de agua que padecen tantos seres humanos. Si el agua para la vida se convierte en un nuevo derecho humano, la desalación puede contribuir a lograrlo y permitir a muchas personas que lo necesitan disfrutar de este gran bien que es el agua.

## NUEVAS FUENTES DE AGUA

Son cada vez más frecuentes los episodios o las situaciones en las que los recursos hídricos disponibles no son suficientes para afrontar las demandas.

La vulnerabilidad de los ríos ante los vertidos contaminantes nos obliga a acometer medidas correctoras que minimicen el impacto ambiental y eleven la capacidad de uso del agua a través de sistemas de recogida y tratamiento de las aguas residuales.

Las medidas de gestión, ahorro y mayor eficiencia de los sistemas, son necesarios pero no suficientes. Por tanto, se propone:

- Integrar en la planificación hidrológica soluciones alternativas o complementarias, de la mano de las tecnologías de la regeneración de aguas residuales para su reutilización, y de la desalinización de aguas marinas y salobres.

Allí donde los recursos naturales resulten deficitarios porque las aguas superficiales en momentos de sequía no son suficientes, o porque las aguas subterráneas tampoco aportan los recursos

necesarios, se propone:

- Explorar las posibilidades que ofrecen las tecnologías para la obtención de nuevos recursos hídricos. Se trata de nuevas fuentes de agua que pueden aportar recursos complementarios.

Las nuevas fuentes de agua son: aguas regeneradas procedentes de un tratamiento avanzado de las aguas residuales ya depuradas y aguas desalinizadas marinas o salobres.

Las aguas regeneradas pueden ser reutilizadas para diferentes usos que van desde el riego agrícola, menos restrictivo y que necesita menor calidad, hasta usos de tipo urbano o con contacto humano, que requieren una calidad más exigente. También existen otros usos emergentes como el baldeo de calles o el riego de campos de golf, sin despreciar usos de tipo ambiental que tendrán en el futuro gran aceptación. Para ello, se propone:

- Que todos estos usos y el grado de calidad exigido, estén convenientemente regulados, estableciendo el régimen jurídico adecuado para la reutilización sostenible de las aguas depuradas.

Por su parte, la desalinización permite obtener un agua de gran calidad partiendo de un recurso ilimitado como es el agua del mar. Se trata de un recurso complementario a otros recursos hídricos naturales. Para ello, se propone:

- La aplicación de tecnologías suficientemente consolidadas y de probada eficiencia que permitan considerar estas opciones como soluciones viables y factibles para hacer frente a los desafíos que plantea cualquier situación de crisis de agua, bajo requerimientos de energía proveniente de fuentes sostenibles.

Por lo tanto y sin aceptar que la falta de agua se convierta en un factor limitante de desarrollo sostenible se debe:

- Promover el impulso de las tecnologías del tratamiento del agua en su doble función de mejora de la calidad e incremento de su disponibilidad.

- Reforzar la gestión de la demanda con elementos de oferta hídrica perfectamente compatibles con los nuevos objetivos que señala la política europea del agua.

## REUTILIZACIÓN

Dos son los elementos clave que deben regir la práctica de la reutilización: la garantía y fiabilidad ligadas a la disponibilidad del recurso, y el riesgo sanitario.

En la actualidad, las oportunidades de reutilización son mayores cuando las aguas depuradas son vertidas al mar por lo que la garantía de este recurso irá ligada a la zona propia de generación.

Por otra parte existen otras limitaciones: el riesgo sanitario para los consumidores y los usuarios del agua regenerada y el exceso de salinidad debida a la calidad del agua de abastecimiento.

La calidad del agua regenerada es muy variable y en ocasiones no conforme con los criterios de calidad, como consecuencia pierde fiabilidad y desconfianza en los usuarios. El aspecto sensorial juega un papel fundamental para que los regantes, los gestores o los clientes de los usos industriales estén dispuestos a aceptar las aguas tratadas. Por tanto:

- *La garantía y fiabilidad deben estar condicionadas por las necesidades de los propios usuarios.*
- *Se deben cumplir las expectativas cualitativas de los usuarios.*
- *Los operadores de las plantas de depuración y de regeneración, la administración hidráulica competente, los tecnólogos y también los usuarios han de ser rigurosos en el seguimiento de los programas de control y en el cumplimiento de las normas de calidad.*

Actualmente existe en España una capacidad de regeneración de aguas cercana de 500 hm<sup>3</sup>/año lo que representa el 13% del total de aguas depuradas, siendo oportuno recalcar que Comunidades Autónomas como Murcia y Valencia están muy por encima de ese porcentaje.

No todas las aguas depuradas son susceptibles de reutilización. Los usuarios no necesitan a lo largo del año los mismos caudales y están además en función de la propia climatología. Se han detectado fallos de planificación y en ocasiones falta de garantías de calidad lo que ha provocado la no aceptación de las aguas regeneradas. Por lo tanto:

- *El Plan ahora en marcha para incrementar las aguas regeneradas hasta 1000-1200 hm<sup>3</sup>/año debe tener en cuenta estas consideraciones identificando los proyectos y sus necesidades, los usos, las tecnologías aplicables su coste de explotación y sobre todo debe promover incentivos suficientes para garantizar la aceptación de los potenciales usuarios.*

Al margen de la reflexión necesaria sobre los modelos de desarrollo, todos las alternativas en materia de agua van a ser necesarias desde interconexiones más o menos lejanas, como una mejor gestión de recursos subterráneos, empleo de cultivos o prácticas de riego menos consumidoras de agua, así como la previsión de sistemas tecnológicos que aporten nuevos recursos, que en muchos casos supondrán una garantía de suministro a los recursos llamados convencionales.

En estos momentos, tanto la reutilización de aguas regeneradas como la desalinización representan un muy pequeño porcentaje (2-3%) sobre el consumo total de agua, pero sin duda en áreas del litoral mediterráneo donde ya suponen mayores porcentajes, tenderá a incrementarse en el futuro. Por lo tanto:

- *Desde la óptica de la regeneración de las aguas depuradas la aplicación de tecnologías de membranas significa una inestimable mejora de la calidad de las aguas, que permiten cualquier uso, pero también implica mayores costes. Por ello la innovación tecnológica debe buscar sistemas energéticamente sostenibles y a costes competitivos.*
- *Se deben impulsar los proyectos de demostración que analicen la viabilidad tanto desde un punto de vista técnico/económico como social y ambiental y sin despreciar cualquier uso.*

*Consideraciones sobre la reutilización:*

- *La planificación es un elemento clave para el éxito de la reutilización que debe, entre otras cosas, identificar a los usuarios potenciales.*
- *La salinidad como elemento limitante de la reutilización debe tenerse en cuenta aunque al tratarse de un condicionante agronómico no se incluya en la normativa.*
- *En un marco de gestión sostenible de los recursos hídricos debe enfatizarse la racionalidad de la demanda y la optimización de la oferta. La reuti-*

*lización juega aquí un papel clave aun teniendo en cuenta sus limitaciones.*

- *Las aguas regeneradas pueden ser fuente complementaria o alternativa de recursos naturales y como tal debe contemplarse en la gestión de recursos disponibles.*

- *El impulso o fomento del intercambio de recursos disponibles hará inevitable la búsqueda de incentivos para los usuarios.*

- *Las administraciones hidráulicas deben jugar un papel preponderante en el ordenamiento de las aguas regeneradas.*

- *Es imprescindible hacer atractiva la reutilización y poner en valor la capacidad del propio recurso.*

## DESALINIZACIÓN

La tecnología de la desalinización ha tenido un desarrollo extraordinario en los últimos cincuenta años.

El objetivo final es obtener el agua desalada al menor coste posible. Ahora bien, la mezcla hábil de los distintos componentes de cóctel que da origen al menor coste, no tiene una receta única válida en todo lugar y en todo tiempo. Si los componentes que más peso tienen son el coste de la energía y de la inversión y financiación, se entenderá fácilmente que la realidad de cada país haya marcado de forma muy visible las diversas soluciones tecnológicas aplicadas en los países que tienen recursos petrolíferos y los que dependen de los mismos.

El precio del petróleo y los sucesivos e importantes aumentos experimentados en la década de 1970 marcaron las tendencias de diseño del único proceso de desalinización aplicado a escala industrial en este tiempo: el proceso de evaporación. Precios baratos del petróleo daban origen a instalaciones de mayor consumo de energía y más baratas de inversión. A partir del año 1973, con el incremento del precio marcado por los países agrupados en la Organización de Países Exportadores de Petróleo (OPEP), se pasa a mejorar la eficiencia energética de las desaladoras, dando origen a eva-

poradores de menor consumo aunque de mayor coste de inversión. Este avance en los diseños llega a un máximo, alcanzando el techo tecnológico en los primeros años de la década de 1980.

- *La forma más correcta de rebajar el coste del agua desalada es rebajar el consumo específico.*

En la actualidad estamos asistiendo a otra nueva ruptura del concepto de que el agua desalada no podría aplicarse para la agricultura.

- *La agricultura de productos de alto valor añadido, en la que todo el proceso productivo es asimilable a un proceso industrial, permite asumir los costes reales actuales de la desalinización.*

- *Los aspectos medioambientales, que deben ser contemplados de forma inexcusable para hacer de la desalinización una actividad sostenible, se centran principalmente en dos apartados: el vertido al mar de la salmuera de rechazo y el consumo energético y su participación en las emisiones de gases de efecto invernadero.*

En cuanto al vertido de salmuera hay que dejar bien claro que las instalaciones desaladoras no vierten sal al mar como en muchos casos se interpreta y se manifiesta de forma ignorante, cuando no malintencionada. Las desaladoras devuelven al mar la misma sal que antes han extraído. Bien es cierto que la misma cantidad de sal se disuelve en un volumen de agua que representa aproximadamente la mitad, lo que significa que devolvemos la misma sal formando parte de un fluido de doble concentración.

- *Para evitar que esta salmuera, de mayor concentración y mayor densidad se dirija al fondo marino, donde puede haber especies que no toleren esta salinidad, hay que provocar la mezcla de la salmuera con la propia agua de mar para producir la disolución antes del contacto con la flora sensible.*

- *Las formas de producir la disolución son varias y en todos los casos se puede encontrar la mejor forma, técnica y económica, para evitar completamente los efectos perjudiciales de la salmuera.*

En cuanto a las emisiones de gases de efecto invernadero, también hay que dejar claro que las desaladoras no vierten CO<sub>2</sub> a la atmósfera. Será la generación de la energía eléctrica, necesaria para

el funcionamiento de la desaladora la responsable de la emisión de CO<sub>2</sub>, y por tanto, la que deberá resolver este asunto.

- *La mejor forma de contribuir a la disminución de emisión global de gases de efecto invernadero por la actividad de la desalinización es rebajando el consumo específico, buscando la máxima eficiencia energética en el proceso, como lo debe hacer cualquier otra actividad consumidora de energía, y la mejor contribución de la industria eléctrica también será mejorando su propia eficiencia e incorporando en la mayor medida posible las energías renovables, dentro de la producción eléctrica global.*

La desalinización no ha llegado aún a su techo tecnológico. Hay que pensar que las membranas son el elemento básico donde hay que centrar el desarrollo futuro.

- *La rebaja de consumo energético debe venir de la mejora de la productividad de las mismas, disminuyendo la presión actual de trabajo. Hay que pensar que a corto y medio plazo, la aplicación del esperanzador campo de la nanotecnología dé frutos satisfactorios.*

Si el agua para la vida se convierte en un nuevo derecho humano, la desalinización puede contribuir a lograrlo y permitir a muchas personas disfrutar de este gran bien que es el agua.

Las tecnologías disponibles permiten producir agua dulce a partir del agua salada y, además, regenerar y reutilizar el agua a precios razonables y con menores impactos ambientales. Se propone:

- *Dotar de servicios básicos de depuración de aguas residuales y sus lodos, acordes con las realidades locales, y que incorporen niveles sanitarios de referencia mundial que aseguren la salud, la higiene y el bienestar.*

- *Impulsar y aplicar las tecnologías que permiten el ahorro, la desalinización, la depuración, regeneración y reutilización del agua con elevada eficiencia en consumo energético de bajo impacto ambiental, potenciando las energías sostenibles.*

La investigación, el desarrollo y la innovación son pilares fundamentales que sustentan el conocimiento, el hallazgo de soluciones, el bienestar y la sostenibilidad en materia hídrica. Por ello, se propone:

- *Incentivar la investigación, el desarrollo y la innovación en cuanto concierne al agua y se acelere la transferencia de sus resultados y beneficios a la sociedad.*

# EL AGUA EN EL MUNDO

Emilio Gabbrielli

## RESUMEN:

La humanidad tardó mucho tiempo en admitir que el agua era un recurso limitado y tenía relación directa con el desarrollo sostenible. Mientras que la población mundial se ha duplicado en tres décadas, el consumo de agua ha aumentado seis veces y más de la mitad de los recursos de agua dulce de los que disponemos están asignados.

La reutilización y el desarrollo de nuevos recursos hídricos se ha convertido en algo fundamental que debe estar respaldado por un consumo más eficaz del agua en todos los sectores, especialmente en la agricultura, que es con diferencia la mayor consumidora.

El mundo está luchando por encontrar políticas eficaces y equitativas para conseguir recursos hídricos superficiales y subterráneos. A la vez, está resultando fundamental para el desarrollo sostenible el desarrollo de nuevos suministros de agua, como la desalinización.

El principal desafío es garantizar que todos los seres humanos tengan acceso a una cantidad mínima de agua que salvaguarde su derecho a una existencia saludable y digna, a la vez que se optimice el consumo del recurso para la seguridad alimentaria, el desarrollo sostenible y un medio ambiente saludable.

La falta de financiación en el sector del agua sigue siendo un asunto crítico para afrontar dicho desafío. La solución al problema de la escasez de agua no se puede resolver únicamente con avances técnicos o con un aumento de los medios económicos. No obstante, el rápido progreso de las nuevas tecnologías, como las basadas en la tecnología de membranas, y el descenso de sus costes ofrecen herramientas que, si se aplican correctamente, pueden contribuir a la implementación satisfactoria de las políticas sostenibles para la gestión de recursos hídricos.

# TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES Y DESARROLLO SOSTENIBLE

Iñaki del Campo, Miguel Ángel Sanz,  
Rodrigo Moreira Rato y Hektor Orbe

## RESUMEN:

El desarrollo sostenible tiene cada vez más importancia dentro de la actividad de depuración de agua, siendo sus principales objetivos en la actualidad:

- Buscar la manera de que la actividad económica mantenga o mejore el sistema ambiental.
- Usar los recursos eficientemente.
- Promover el máximo de reciclaje y reutilización.
- Poner su confianza en el desarrollo e implantación de tecnologías limpias.
- Restaurar los ecosistemas dañados.
- Reconocer la importancia de la naturaleza para el bienestar humano.

Día a día los requisitos cada vez más exigentes en materia de calidad de depuración de aguas residuales, conducen hacia un incremento en los costes de explotación, principalmente en materia de consumo energético.

Por otro lado los residuos generados, en su mayor parte los fangos, encuentran cada vez más dificultades para su destino final, siendo necesario utilizar tecnologías costosas tanto en inversión,

como en algunos casos en operación, de cara a su reducción y/o valorización final.

Para llevar a cabo eficientemente las actividades ligadas al desarrollo sostenible, se han desarrollado e implementado diferentes tecnologías/procesos tanto de tratamiento de aguas residuales, como de los fangos producidos; con los objetivos de, entre otros, la minimización del consumo de combustibles fósiles, la maximización de la reutilización de las aguas residuales y la mejora de la calidad del vertido.

En la ponencia se expondrán las diferentes alternativas de tratamiento, tanto de aguas como de fangos, así como ejemplos de aplicación de dichos procesos en plantas diseñadas/explotadas por Degremont, además de mostrar un avance sobre las tendencias futuras en ambos campos.

## PALABRAS CLAVE:

Desarrollo sostenible, depuración de aguas residuales, reutilización, valorización de fangos, combustibles fósiles.

# TECNOLOGÍAS AVANZADAS EN DEPURACIÓN

Jesús Galdós

## RESUMEN:

La ponencia está estructurada en dos partes claramente diferenciadas.

La primera de ellas se centra en la Estación Depuradora de Aguas Residuales de San Pedro del Pinatar (Murcia), cuya característica más relevante consiste en ser el mayor biorreactor de membrana actualmente en funcionamiento en España. Se describen los principales elementos de la planta, así como las condiciones de diseño y de operación desde su puesta en marcha.

La segunda parte está relacionada con el tratamiento y disposición final de los biosólidos producidos en el tratamiento del agua residual, aspecto fundamental para enfocar la depuración desde un punto de vista integral.

En este sentido, se presenta la tecnología de secado térmico, resaltando las ventajas que aporta desde una perspectiva medioambiental y su fiabilidad, en base a la amplia experiencia adquirida con los diferentes tipos de secadores, tanto en España como en el exterior.

## PALABRAS CLAVE:

Biorreactor de membrana, biosólidos, secado térmico.

# APLICACIÓN DE NUEVAS TECNOLOGÍAS PARA LA REUTILIZACIÓN DE AGUAS REGENERADAS

Nazaret Ontañón

## RESUMEN:

El crecimiento de la población, el aumento de las dotaciones por habitante, el desarrollo agrícola e industrial y la climatología de España como país Mediterráneo, han hecho que las fuentes de abastecimiento de agua tradicionales se hayan visto limitadas para atender las demandas existentes. Este hecho ha convertido al agua residual regenerada en una fuente alternativa de abastecimiento.

Las tecnologías empleadas en la regeneración de agua residual han ido evolucionando desde los tradicionales sistemas de filtración y desinfección, hasta el empleo de nuevas tecnologías como microfiltración, ultrafiltración, reactores biológicos de membrana, electrodiálisis reversible y ósmosis inversa.

Drace Medioambiente, S.A., posee una dilatada experiencia en tratamientos de regeneración de agua residual y ha diseñado y construido diversas instalaciones empleando nuevas tecnologías para la reutilización de agua regenerada.

## PALABRAS CLAVE:

Microfiltración, ultrafiltración, MBR, electrodiálisis reversible, ósmosis inversa.

# SANEAMIENTO INTEGRAL Y REUTILIZACIÓN DEL AGUA EN LA CIUDAD DE SAN LUIS POTOSÍ MÉXICO

Urbano Díaz de León Barroso

## RESUMEN:

El Estado de San Luis Potosí es uno de los 32 Estados de la República Mexicana, ubicado en el centro de la misma, en el eje carretero que comunica los principales Estados Industriales con los Estados Unidos de Norteamérica como son: Jalisco, Ciudad de México, Querétaro, Nuevo León, Aguascalientes, Michoacán y Guanajuato.

El acuífero del Valle de San Luis Potosí presenta ya problemas de sobreextracción, existe concentración de pozos en la ciudad que origina un gran cono de abatimiento, se estima que sufre una sobreexplotación de 2 a 1, o sea que se está extrayendo el doble de su recarga.

La estabilidad y el futuro crecimiento urbano e industrial de la zona metropolitana, dependen en una importante proporción de la extracción de agua del acuífero.

En virtud de la situación actual, el Gobierno del Estado, ha iniciado una serie de obras tendientes a disminuir gradualmente la dependencia de abastecimiento del acuífero del Valle de San Luis Potosí y aliviar así la sobreexplotación, en busca de su recuperación definitiva y su estabilización.

La reutilización del agua residual tratada es actualmente un recurso valioso para la zona metropolitana, ya que ha permitido rescatar agua de primer uso para la población, que se utilizaba

para actividades industriales, riego de áreas verdes y otros usos, la zona metropolitana genera aproximadamente 2,545 lps de Aguas Residuales Municipales, de los cuales actualmente son tratados 1,795 lps, reuniendo la calidad requerida y cumpliendo con la normatividad vigente para su reutilización en actividades Industriales, Deportivas, Recreativas y Agrícolas.

Es importante señalar que la reutilización de agua residual tratada se encuentra regulada por la Ley de Aguas para el Estado de San Luis Potosí, donde establece que se debe de reutilizar el agua residual tratada en las industrias ubicadas en la zona metropolitana en los procesos productivos donde no se requiere de agua potable, en riego de parques, jardines y campos deportivos, siempre y cuando exista disponibilidad.

En el IV Foro Mundial del Agua México 2006, aprendimos claramente, que con pequeñas acciones locales como ésta, enfrentaremos el gran reto que tiene la humanidad, para darle solución al abasto de las futuras generaciones.

## PALABRAS CLAVE:

Acuífero del Valle de San Luis Potosí, problemas de sobreextracción, dependencia de abastecimiento, reutilización del agua residual, IV Foro Mundial del Agua México 2006.

# LA DESALACIÓN EN ESPAÑA

Miguel Torres Corral

## RESUMEN:

En España se inicia la práctica de la Desalación del agua de mar a mediados de la década de 1960. Ante la falta de recursos para asegurar el abastecimiento urbano en las islas de Gran Canaria, Fuerteventura y Lanzarote y en la ciudad de Ceuta se instalan las primeras desaladoras, todas ellas del tipo de MSF (Multi Stage Flash). Este proceso de Evaporación era prácticamente el único disponible y con un desarrollo contrastado que permitiera aplicarse con seguridad al abastecimiento poblacional.

La evolución de la tecnología del proceso MSF, muy ligada a los precios del petróleo y a los materiales, cobre, níquel y aluminio sobre todo, tiene su perfecto reflejo en España en las desaladoras que se construyen hasta el principio de la década de 1980.

La necesidad de abaratar el coste del agua lleva a incorporar desde muy pronto la tecnología de

Ósmosis Inversa, que termina por dejar abandonadas las tecnologías de Evaporación.

La bajada tan importante del consumo específico y su repercusión inmediata en el coste del agua desalada ha permitido el uso en campos hasta ahora prohibidos como es la agricultura de alto valor añadido. El PROGRAMA A.G.U.A. que añade 750 hm<sup>3</sup>/año a los 150 hm<sup>3</sup>/año que había en el año 2004 es prueba del desarrollo experimentado en España en desalación

Se presentan cuadros de la evolución de la capacidad instalada desde el inicio en 1964 hasta hoy y se contrasta con la disminución del consumo específico.

## PALABRAS CLAVE:

Multi Stage Flash, Ósmosis Inversa, Programa AGUA.

# LA DESALACIÓN EN LA CUENCA DEL SEGURA

Mario Urrea

## RESUMEN:

Este artículo analiza los antecedentes desde el punto de vista de la planificación hidrológica vigente en relación al balance recursos/demandas, para a continuación enumerar y justificar las distintas instalaciones de desalación que con destino al abastecimiento y al regadío se ha ejecutado y proyectado en la cuenca del Segura.

Se realiza una descripción de los sistemas de proceso utilizados y la evolución tecnológica entre los primeros diseños y los de las plantas actualmente en ejecución.

Finalmente se realizan consideraciones de tipo económico en base a la información facilitada por los titulares de las instalaciones en lo que a costes y tarifas se refieren.

## PALABRAS CLAVE:

Planificación hidrológica, desalación, abastecimiento, regadío.

# ASPECTOS MEDIOAMBIENTALES DE LA DESALACIÓN

Sabine Lattemann

## RESUMEN:

La tecnología de la desalación del agua de mar ofrece una amplia variedad de ventajas para las personas y abre nuevas posibilidades económicas al proporcionar un suministro adicional, inagotable y fiable de agua potable en muchas partes del mundo. Sin embargo, a pesar de las muchas ventajas, también despierta preocupación acerca de los posibles impactos negativos del proceso sobre el medio ambiente.

Así pues, se están evaluando los principales nuevos proyectos de desalación mediante estudios de valoración del impacto ambiental (estudios EIA) específicos de cada proyecto. Las cuestiones principales de este proceso de evaluación son con frecuencia las descargas químicas al mar de concentrados y residuos y el consumo de energía del proceso y las emisiones indirectas de dióxido de carbono y contaminantes del aire que tienen que ver con dicho proceso.

La comunicación ofrece las últimas cifras sobre la capacidad de las plantas de desalación de agua de mar seguidas de un resumen de las principales inquietudes ambientales y formas de reducir los impactos sobre el medio ambiente. Se da un breve repaso a las iniciativas más recientes que tratará sobre las cuestiones ambientales de las plantas de desalación, como el proyecto de la Organización Mundial de la Salud “Desalación para un suministro de agua segura”, un nuevo Manual de orientación y recursos sobre desalación que publicará el Programa de Medio Ambiente de las Naciones Unidas en 2008, y el Proyecto de investigación europeo “Desalación por membranas: un enfoque de conjunto” (MEDINA).

## PALABRAS CLAVE:

Desalación de agua de mar, evaluación del impacto ambiental.

# VERTIDO DE SALMUERAS: IMPACTO Y SOLUCIONES

Antonio Ruiz Mateo

## RESUMEN:

Esta ponencia analiza los aspectos ambientales relacionados con el vertido de las aguas de rechazo de las plantas desaladoras.

El residuo más importante de una planta desaladora por su magnitud está constituido por las aguas de rechazo. Una planta con una producción de 70.000 m<sup>3</sup>/día de agua producto generará un vertido líquido de 1 m<sup>3</sup>/s si es de ósmosis inversa alimentándose de agua de mar (conversión del 45 %), de 0,2 m<sup>3</sup>/s si es de ósmosis inversa alimentándose de agua salobre (conversión del 80 %) y de 7,3 m<sup>3</sup>/s si es de destilación (conversión del 10%).

Para estimar el impacto real que tendrá el vertido de una planta desaladora concreta se requiere un reconocimiento bionómico de la zona que puede ser afectada por el vertido y una cuantificación de los efectos que dicho vertido tendrá sobre las biocenosis observadas a nivel de individuos, de especies y de comunidades. Si bien lo primero es ya práctica habitual en muchos países, España entre ellos, lo segundo es todavía muy difícil de realizar porque aún se sabe muy poco sobre ello, exceptuando algunos casos concretos como por ejemplo, el impacto sobre las praderas de la fanerógama marina *Posidonia* oceánica, una especie endémica del Mar Mediterráneo de un gran valor ecológico.

Los contaminantes que pueden ir asociados a los vertidos líquidos de las plantas desaladoras se originan en las sustancias aportadas por el agua de alimentación o en las sustancias utilizadas para la limpieza de filtros y membranas. Las primeras son las menos preocupantes, sobre todo cuando se vierte al mismo medio de donde se extrae el agua (como sucede cuando el agua se toma del mar) ya que no se añade ninguna carga contaminante al sistema. Sin embargo, las concentraciones serán mayores.

Afortunadamente, un buen conocimiento del comportamiento hidrodinámico del efluente una vez vertido al medio receptor permite seleccionar el dispositivo de vertido más adecuado y su ubicación. Además, un diseño apropiado permite conseguir una elevada dilución del efluente en un espacio reducido, por lo que casi siempre es posible encontrar una solución respetuosa con el medio ambiente.

## PALABRAS CLAVE:

Plantas desaladoras, vertidos de salmueras, emisarios submarinos, obras marítimas, impacto ambiental en el medio marino.

# ASPECTOS ENERGÉTICOS DE LA DESALACIÓN

Manuel Fariñas

## RESUMEN:

A lo largo del presente artículo se analizan los distintos parámetros que intervienen en el consumo específico de energía en la desalinización de agua de mar con la tecnología conocida como ósmosis inversa: temperatura del agua de mar, complejidad del pretratamiento, conversión de trabajo, eficiencia de los sistemas de bombeo y de la recuperación de la energía del rechazo así como las características de permeabilidad y paso de sales de las membranas utilizadas.

De todos estos parámetros, tanto la simplificación del pretratamiento como la mejora de la permeabilidad y del rechazo de sales de las membranas, reducirán de forma significativa en los próximos años el consumo específico de energía en la desalinización del agua de mar.

Todas las expectativas para conseguir este objetivo se centran en una nueva generación de membranas, fabricadas con nanopartículas y conocidas como membranas “nanocompuestas de capa delgada” representadas por las siglas TFN (Thin Film Nanocomposites).

## PALABRAS CLAVE:

Consumo específico de energía, desalinización por ósmosis inversa, TFN, membranas nanocompuestas.

# ANÁLISIS DE CONFIGURACIONES DEL PROCESO DE O.I. EN DESALACIÓN

Jorge Salas

## RESUMEN:

La planificación hidrológica es un instrumento para la gestión sostenible del agua, que permite el incremento de disponibilidades, protege su calidad, economiza su empleo y racionaliza sus usos, respetando el medio ambiente. En esta línea, la desalación es una tecnología más de tratamiento de aguas que permite incorporar como agua potable recursos no aprovechables de otro modo (aguas salobres, de mar, etc.).

De las tecnologías de desalación existentes, es la desalación por ósmosis inversa la que actualmente se ha impuesto para la gran mayoría de aplicaciones una vez que ha alcanzado desde hace ya tiempo un grado de madurez suficiente para aplicaciones a gran escala por su flexibilidad, robustez y menores costes del agua producida.

Además de la obtención del agua producto deseada, en la desalación de agua de mar por ósmosis inversa., como en cualquier otro proceso industrial, se busca (i) minimizar el consumo energético, (ii) facilitar y flexibilizar la operación y (iii) minimizar costes de inversión y explotación.

Para ello es fundamental conocer las ventajas e inconvenientes que nos ofrecen las distintas configuraciones posibles en los procesos de desalación por ósmosis inversa y su integración con los elementos de bombeo y de regulación.

Lo cual, se podría traducir en la elección del número de líneas de producción y configuración de los bastidores de ósmosis inversa, en la introducción de elementos de aprovechamiento energético, en diseños que consideren operar en el entorno del punto de máximo rendimiento (BEP) de los bombeos, y en evitar en lo posible pérdidas energéticas por regulación con la introducción de sistemas de regulación.

## PALABRAS CLAVE:

Desalación, ósmosis inversa, diseño, doble paso, doble etapa, sistemas híbridos, variador de frecuencia, alta presión, sistemas de intercambio de presión, recuperación de energía, salmuera, permeado, recirculación.

# PROBLEMÁTICA ASOCIADA AL DISEÑO DE PRE Y POSTRATAMIENTO EN GRANDES DESALADORAS

Domingo Zarzo

## RESUMEN:

La construcción de grandes desaladoras en todo el mundo, con tamaños que llegan en la actualidad hasta 500.000 m<sup>3</sup>/día (en el caso de ósmosis inversa) está planteando nuevos retos a la hora de realizar los diseños e ingeniería para estas plantas, que afectan tanto a su implantación como a su operación posterior. Dejando aparte otros problemas asociados a los sistemas de membranas o los de bombeo de alta presión y recuperación de energía, que están relativamente resueltos o al menos plantean menos dudas, nos centraremos en esta ponencia en las peculiaridades de los sistemas de pre y posttratamiento para estas plantas, donde si es necesario decidir entre diferentes tecnologías.

Debido al tamaño de estas instalaciones, se hace prácticamente imposible la captación mediante tomas de pozo, y dado que las tomas abiertas tienen unos requerimientos mayores de pretratamiento, se hace necesario elegir entre distintas tecnologías, bien con sistemas de dobles etapas de filtración con o sin tratamientos físico-químicos, bien mediante sistemas de membranas de micro o ultrafiltración.

Los sistemas de filtración convencionales para estos sistemas tienen unos grandes requerimientos de espacio y un elevado coste de mano de obra, mientras que los sistemas de MF y UF, aparte de su elevado precio, todavía no están muy exten-

didos en grandes plantas, lo cual supone de algún modo un cierto riesgo tecnológico, aparte del problema de la no intercambiabilidad de los sistemas.

Otro problema adicional en estas instalaciones a tener en cuenta es el almacenamiento y dosificación de grandes cantidades de reactivos químicos, que también requiere un diseño y una gestión adecuados. Algunas soluciones para evitar estos grandes consumos pueden ser la generación in situ de reactivos, como la del cloro mediante electrocloración.

Respecto al posttratamiento, básicamente referido a la remineralización, el transporte y manejo de grandes cantidades de cal o calcita genera una serie importante de problemas de tipo logístico, por lo que se plantea en muchos casos la duda de cual de estas tecnologías es más adecuada, lo cual no solo depende del tamaño de la instalación, sino de la calidad del agua de aporte, producto, uso del agua, disponibilidad y precio del producto, etc.

En la comunicación se exponen también algunos casos reales comparando económicamente varias alternativas de tratamiento, en inversión y en operación.

## PALABRAS CLAVE:

Ósmosis inversa, pretratamiento, posttratamiento, remineralización.

# PLAN NACIONAL DE CALIDAD. ASPECTOS ECONÓMICOS

Adolfo Gallardo

## RESUMEN:

El Ministerio de Medio Ambiente ha elaborado, en colaboración con las Comunidades Autónomas, el Plan Nacional de Calidad de las Aguas (2007-2015) que fue aprobado por el Consejo de Ministros el 8 de junio de 2007. El Plan contempla una serie de actuaciones en saneamiento y depuración para cumplir las exigencias de varias directivas europeas y muy especialmente para la consecución del “buen estado de las aguas”, tal y como especifica la Directiva Marco del Agua. La inversión total prevista para el Plan es de unos 19.000 millones de euros de los que aproximadamente un tercio es aportado por el Ministerio de Medio Ambiente (unos 6.200 millones).

Para el desarrollo del Plan, se están estableciendo convenios bilaterales con las Comunidades Autónomas que incluyen actuaciones que se corresponden con cuatro grandes capítulos:

- Obras declaradas de interés general del Estado pendientes de ejecutar (la Administración General del Estado cubre el 100% del coste)

- Actuaciones motivadas por nuevas declaraciones de zonas sensibles (la Administración General del Estado cubre el 25% del coste)

- Actuaciones cuyo coste es financiado en un 50% por las Sociedades Estatales de Aguas y recuperado, junto a los gastos de gestión de la propia Sociedad imputables a cada actuación, a través de unas tarifas establecidas por la Sociedad y garantizadas por la Comunidad Autónoma, en un máximo de 45 años.

- Actuaciones necesarias en núcleos con territorios en la Red Natura 2000 (aquellos que tengan al menos un 5% de su superficie o un mínimo de 10 Has en dicha Red y una población inferior a 20.000 habitantes). Estas actuaciones se incluirían, de común acuerdo con las Comunidades Autónomas, en el Programa de Desarrollo Rural Sostenible que en su momento apruebe el Gobierno (la Administración General del Estado cubre el 50% del coste total).

## PALABRAS CLAVE:

Saneamiento, depuración, plan de calidad, reutilización.

# FINANCIACIÓN DE PROYECTOS EN RÉGIMEN CONCESIONAL

L. González, J.A. Membiela, Z. Sanz

## RESUMEN:

Este artículo estudia las particularidades de los diferentes tipos de contratos de concesión de infraestructuras y se analizan las ventajas e inconvenientes que éstos presentan con respecto a los contratos de prestación de servicios tradicionales.

En primer lugar se define el concepto de concesión y se describen las diferentes modalidades de contratos de concesión de infraestructuras existentes. A continuación se analizan las singularidades de cada modalidad, los riesgos asociados a cada una de ellas y la distribución de los mismos entre las partes involucradas. Especial atención se presta al estudio de los contratos tipo BOT (Build - Operate - Transfer) por ser los más comunes en el campo de la desalación y depuración para la concesión de obra nueva y presentar una estructura financiera más compleja.

Finalmente se contrastan las singularidades estudiadas con las propias de los contratos tradicionales de prestación de servicios de ingeniería, construcción y operación de infraestructuras.

Los autores concluyen que, eligiendo el correcto modelo concesional, el Sector Público puede acceder a la experiencia, "know-how" y fondos necesarios para acometer inversiones necesarias, sin perder el control de la gestión ni la titularidad de la infraestructura ni de los recursos hídricos y minimizando los riesgos que son transferidos o compartidos con el socio privado.

## PALABRAS CLAVE:

Concesiones, financiación, desalación, depuración, BOT, Project Finance.





# LA CARTA DE ZARAGOZA 2008

Fruto de los nueve instrumentos  
de la Tribuna del Agua



# CARTA DE ZARAGOZA 2008

La Exposición Internacional Zaragoza 2008 ha sido la primera en la historia que ha tratado, como tema exclusivo, sobre Agua y Desarrollo Sostenible. La Expo 2008 ha constituido un gran encuentro internacional, con presencia de ciento cuatro países y tres organismos internacionales, junto a todas las comunidades y ciudades autónomas españolas.

La Exposición, acorde con los criterios del Bureau International des Expositions (BIE), ha operado vinculada en todas sus fases con el trabajo de las Naciones Unidas en temas de agua.

Las Exposiciones, concebidas según el espíritu del BIE, son hoy los acontecimientos internacionales que obtienen más participación directa de los ciudadanos y constituyen un gran ejercicio de educación cívica. En la Exposición Internacional de Zaragoza, millones de visitantes han conocido con mayor profundidad los problemas del agua y del desarrollo sostenible en el planeta.

La Tribuna del Agua, como soporte científico y técnico de la Expo Zaragoza 2008, ha acogido y propiciado la transferencia de conocimientos, el debate y la elaboración de propuestas para resolver los principales retos hídricos presentes y futuros de la humanidad. A lo largo de sesiones desarrolladas durante noventa y tres días, la Tribuna ha sido el acontecimiento internacional más amplio y global sobre Agua y Desarrollo Sostenible.

La Tribuna del Agua ha terminado su intensa actividad el 12 de septiembre de 2008, con la

presentación de sus conclusiones; y hoy, día 14, presenta en esta clausura la síntesis de las mismas, denominada Carta de Zaragoza 2008.

## PREÁMBULO. UNA NUEVA VISIÓN INTEGRADA DEL AGUA

Los participantes en la Tribuna del Agua reconocemos que el agua es esencial para la vida en el planeta.

Los nuevos paradigmas sobre agua y sostenibilidad pretenden superar la visión meramente antropocéntrica por entender que, mediante una gestión integrada de los recursos hídricos, se protegen al mismo tiempo la supervivencia del ser humano y la del planeta.

### Considerando:

- 1 Que el agua y los ecosistemas de la Tierra deben ser preservados y protegidos.
- 2 Que el acceso al agua potable y al saneamiento es un derecho humano que debe ser garantizado por los poderes públicos.
- 3 Que los pueblos de la Tierra han asumido, a través de los Objetivos de Desarrollo del Milenio, un serio compromiso en relación con el agua.
- 4 Que el acceso al agua es un potente vector de desarrollo.

**5** Que el agua desempeña una función fundamental en la producción y transferencia de energía.

**6** Que la demanda de agua seguirá creciendo, principalmente por los incrementos demográfico y de la economía, lo que puede implicar un aumento de la 'huella hídrica'.

**7** Que las predicciones indican que el cambio climático es capaz de modificar la disponibilidad y las necesidades de agua en todo el planeta.

**8** Que las tecnologías disponibles permiten producir agua dulce a partir del agua salada y de la niebla y, además, regenerar y reutilizar el agua a precios razonables y con menores impactos ambientales.

**9** Que la pervivencia y transformación del medio rural están directamente vinculadas a la disponibilidad y uso sostenible del agua.

**10** Que la sostenibilidad de la producción de alimentos está directamente ligada al uso eficiente del agua.

**11** Que la educación, la cultura, la comunicación y la participación han de ser ejes de transformación de la gestión de los recursos hídricos en todo el mundo.

**12** Que es básico para la gestión integrada del agua y la sostenibilidad el fortalecimiento de su gobernanza en todos los niveles, lo que implica la mayor participación y corresponsabilidad de la sociedad.

**13** Que la unidad de cuenca hidrográfica es el ámbito territorial más eficiente para aprovechar el agua y el que mejor permite resolver los conflictos entre países, regiones o usuarios.

**14** Que asegurar vías de financiación y formas de compartir el riesgo económico, bajo criterios de sostenibilidad, es indispensable para el éxito de las iniciativas y actuaciones en el ámbito hídrico.

**15** Que la inversión en infraestructuras de agua en los países en desarrollo es indispensable para la reducción de la pobreza y para el crecimiento económico, siendo los niveles de inversión

actuales insuficientes para alcanzar los Objetivos de Desarrollo del Milenio.

**16** Que la intervención pública debe tomar la iniciativa para promover la legislación y la estructuración adecuadas de los derechos de agua.

**17** Que la investigación, el desarrollo y la innovación son pilares fundamentales que sustentan el conocimiento, el hallazgo de soluciones, el bienestar y la sostenibilidad en materia hídrica.

## LA TRIBUNA DEL AGUA RECOMIENDA:

### A. CON CARÁCTER UNIVERSAL

**A1** Que el desarrollo de las sociedades se promueva a partir de criterios de sostenibilidad y de manera respetuosa con la naturaleza.

**A2** Que se establezcan prioridades y compromisos de interés general para la humanidad en torno al agua, fundados en los principios éticos de sostenibilidad, transparencia y equidad intra e intergeneracional.

**A3** Que se impulse una gestión del agua participativa, eficiente y solidaria, de modo que fomente la responsabilidad individual y colectiva, mediante el desarrollo compartido de conocimientos y experiencias.

**A4** Que se establezcan compromisos y normas para la mitigación de los efectos negativos causados por el cambio climático y por los fenómenos extremos, y para la adaptación a esas situaciones.

**A5** Que las soluciones y los modelos de gestión hídrica se adapten a los niveles de desarrollo, cultura, y capacidades sociales y económicas de cada territorio y sociedad.

**A6** Que las unidades básicas de gestión de los recursos hídricos sean la cuenca hidrográfica y el acuífero, incluso en los casos en que tengan carácter supranacional.

**A7** Que se logre que haya en todo el mundo agua potable segura y saneamiento eficaz, en zonas tanto urbanas como rurales, mediante la asunción de compromisos globales, la fijación de metas realistas y la adopción de soluciones concretas.

**A8** Que el abastecimiento de agua potable y la recolección y el tratamiento de las aguas residuales son prioritarios. Las administraciones públicas deben garantizarlos con tarifas justas y que aseguren la cobertura de los costes.

**A9** Que la gestión de la demanda sea, al menos, tan importante como la gestión de la oferta en las decisiones de políticas, estrategias, planes, programas y presupuestos.

**A10** Que se incentiven la investigación, el desarrollo y la innovación en cuanto concierne al agua y se acelere la transferencia de sus resultados y beneficios a la sociedad.

**A11** Que se cree una Agencia Mundial del Agua cuyas misiones principales sean:

**a** Preparar y presentar ante la Organización de las Naciones Unidas la Carta de Derechos y Responsabilidades de los Seres Humanos con el Agua.

**b** Articular un marco normativo mundial sobre el agua en un contexto de desarrollo sostenible que sea reconocido por los países.

**c** En materia de recursos hídricos, preparar e impulsar el desarrollo de la Convención Internacional sobre Cambio Climático, Fenómenos Climáticos Extremos y Control de Riesgos.

**d** Impulsar la aprobación del Protocolo Internacional para la Gestión Pacífica y Productiva de las Cuencas Transfronterizas en el mundo.

**e** Asistir a los países que demanden apoyo en materia de gestión integrada del agua.

**f** Impulsar la educación, los principios y los valores que, coherentes con lo expuesto, susciten una adecuada ética del agua.

**g** Promover la difusión y el intercambio eficaz y global de buenas prácticas, lecciones aprendidas, modelos y procesos reproducibles, experiencias que hayan alcanzado el éxito y recomendaciones, a través de un centro propio de documentación y transferencia sobre agua y desarrollo sostenible.

**h** Promover alianzas público-privadas que permitan aunar esfuerzos para conseguir que el abastecimiento y el saneamiento universales sean una realidad.

## **B. A LOS PODERES PÚBLICOS, USUARIOS DEL AGUA Y CIUDADANOS**

**B1** Que se protejan de modo eficaz los ecosistemas, por su valor intrínseco y para garantizar las fuentes de agua.

**B2** Que se lleven a cabo las dotaciones de servicios básicos de saneamiento y depuración de aguas residuales y sus lodos, acordes con las realidades locales, y que incorporen niveles sanitarios de referencia mundial que aseguren la salud, la higiene y el bienestar.

**B3** Que se adopten medidas que garanticen dotaciones básicas de agua potable en el interior de la vivienda o tan cerca de ella como sea posible. En situaciones de pobreza, los gobiernos deben garantizar dotaciones mínimas de agua.

**B4** Que en el ordenamiento jurídico y en el desarrollo normativo se consideren los hábitos culturales no perjudiciales y los derechos ancestrales de la población.

**B5** Que se someta al control público la gestión de los servicios públicos de agua y saneamiento.

**B6** Que se ajuste y controle la demanda de agua recurriendo al mismo tiempo a criterios educativos, informativos, participativos y tarifarios.

**B7** Que se reduzca el retraso en sistemas rurales de abastecimiento mediante intercambios de

experiencias y de modelos de gestión participativa, adaptados y asumidos por la población usuaria.

**B8** Que se impulsen y apliquen las tecnologías que permiten el ahorro, la desalinización y aprovechamiento de aguas del mar, la captación de nieblas y de lluvias, la depuración, regeneración y reutilización del agua con elevada eficiencia en consumo energético de bajo impacto ambiental, potenciando las energías sostenibles.

**B9** Que, a la vista de la previsión de crecimiento demográfico, los países consideren la agricultura no solo como un sector económico, sino como un sector estratégico.

**B10** Que se estimulen y difundan medidas para mejorar regadíos con logro de una mayor eficiencia hídrica energética.

**B11** Que se definan modelos financieros solventes y con garantías, entre países e instituciones, de forma que permitan captar en el mercado capitales para inversiones en las infraestructuras hidráulicas necesarias para la prestación de los servicios públicos de abastecimiento y saneamiento, así como en la capacitación de los recursos humanos precisos.

**B12** Que se apliquen criterios de racionalidad económica que promuevan la eficiencia y la sostenibilidad, al tiempo que incorporen principios de justicia social y ambiental en la gestión del agua.

**B13** Que se establezcan políticas integradas para facilitar la reasignación de agua entre los diversos usos, siempre que con ello se favorezcan la eficiencia económica y la calidad ambiental.

**B.14** Que los ciudadanos participen como corresponsables en la gestión integrada del agua y la sostenibilidad.

**B.15** Que los ciudadanos asuman que el agua es, además de un recurso de uso humano, un patrimonio de todos los seres vivos.

## ZARAGOZA 2008: UNA EXPO SIN FECHA DE CADUCIDAD

Esta Carta de Zaragoza 2008 se encomendará a la Secretaría General de la Organización de las Naciones Unidas, al Bureau International des Expositions y al Gobierno de España, para impulsar sus recomendaciones.

La totalidad de la documentación en que se ha basado esta Carta –ponencias, debates, síntesis y conclusiones– queda recogida, como acervo que compartir, en diversos anexos que forman el Legado y la Caja Azul, la cual quedará bajo custodia de España, como país anfitrión de la Exposición Internacional del año 2008.

**Zaragoza, a 14 de Septiembre de 2008**

**Día de la Clausura de la Exposición Internacional Zaragoza 2008**



## CRÉDITOS

## AUTORES

Baigorri, Artemio  
 Bastida, Germán  
 Cajigas, Ángel  
 Celma Celma, Francisco Javier  
 Cubillo González, Francisco  
 Garrido, Raymundo José  
 Gaviria, Mario  
 González del Tánago, Marta  
 Guijarro, Luis  
 Maestu Unturbe, Josefina  
 Moreno, José Manuel  
 Sáenz de Miera, Gonzalo  
 Sarría Santamera, Antonio  
 Torres Corral, Miguel  
 Vallejo Calzada, Ramón  
 Viñuales, Víctor  
  
 Acevedo, Miguel F.  
 Adams, Richard  
 Aguilar, Enrique  
 Aguirre, Javier  
 Ahmed, Zahra R.  
 Alcamo, Joseph M.  
 Almeida Vilella, Alexandre  
 Alonso, Mercedes  
 Álvarez, Guadalupe  
 Amoré, Luiz  
 Andah, Winston  
 Andreini, Marc  
 Anton, Barbara  
 Arana Zegarra, Marco  
 Arias Fernández, María Enriqueta  
 Arlosoroff, Saul  
 Arrojo, Pedro  
 Artaxo, Paulo  
 Arzet, Klaus  
 Asunción Higuera, Mar  
 Awuah, Esi  
 Azqueta, Diego  
 Bainbridge, David A.  
 Bakker, Marloes  
 Barberán Ortí, Ramón  
  
 Barkin, David  
 Barry, Boubacar  
 Battaglini, Antonella  
 Baú, João  
 Bauer, Carl J.  
 Belamari1, Fatiha  
 Belenguer Sánchez, María Dolores  
 Bellot, Juan F.  
 Benayas del Álamo, Javier  
 Berrini, Maria  
 Binder, Walter  
 Bindi, Marco  
 Bjornlund, Henning  
 Blair, John M  
 Blanco Orozco, Mariano  
 Blanco, Julián  
 Boada, Marti  
 Bonnet, Jean François  
 Bono, Lorenzo  
 Bosco Senra, João  
 Botey, Juan  
 Bruttomesso, Rinio  
 Buch, Mario  
 Bueno Bernal, Víctor  
 Bunch, Martin  
 Busquet, Joan  
 Butler, David  
 Butterworth, J.A.  
 Caballero Quintana, Andrés C.  
 Cabrera Haro, Patricio  
 Cabrera, Enrique  
 Calatrava Leyva, Javier  
 Campo, Iñaki del  
 Cantin, Bernard  
 Cañada Guallar, María Victoria  
 Cañón, Julio,  
 Carlton, Dennis William  
 Carlton, Jane Berkowitz  
 Casassa, Gino  
 Castro Lahóz, Francisco  
 Chan, Ngai Weng  
 Chowdhury, Samir

Cillero Floren, Alfredo  
Cisneros Britto, Julio Cesar  
Cobacho, Ricardo  
Cohen, Stewart J.  
Collins, Drew  
Colóm de Morán, Elisa  
Corominas Masip, Joan  
Correas Usón, Luis Carlos  
Correia, Francis  
Cortina, Jordi  
Costa, Geraldo  
Costa, Heloisa  
Couchoud, Milagros  
Cubasch, Ulrich  
Cunha, Luis Veiga da  
Darteh, Bertha  
Daussa, Raul  
Dellapenna, Joseph W  
Delly Priscoli, Jerry  
Deyonge, Sandra  
Dias, Janise  
Díaz de León Barroso, Urbano  
Donoso, Guillermo  
Donzier, Jean François  
Dziegielewska Geitz, M.  
Egea, Pilar  
Embid Irujo, Antonio  
Embid Irujo, Antonio  
Entralgo Layunta, José Ramón  
Espinosa Sarria, Magaly  
Estrela, Teodoro  
Etgen, John  
Fadel Ndaw, Mouhamed  
Falo Fornies, Francisco  
Fariñas, Manuel  
Favero Brocchi, Dalto  
Fernández López, Carlos Alberto  
Fisher, Franklin M.  
Fraguas Herrero, Alberto  
Francescutti, Pablo  
Frey, Vincent  
Gabbielli, Emilio  
Galdós Aller, Jesús  
Gallardo, Adolfo  
García de Jalón, Diego  
Garrote de Marcos, Luis  
Gaviria, Mario  
Gerber, Jürg  
Gilbert, Olivier  
Goldenstein, Stela  
Gómez López, Luis  
Gómez Orea, Domingo  
Gómez Ramos, Almudena  
González Alonso, Santiago  
González Serrano, Luis  
González, Javier  
González, Oscar  
Gordon Rapoport, José  
Gracia, Carlos  
Gradolph, Juan  
Griffin, Ronald Curtis  
Guevara Villavicencio, Octavio  
Gupta, Shreekant  
Haas, A.  
Haddadin, Munther  
Hall, David  
Hanak, Ellen  
Hank, Tobias  
Heisler-White, Jana L.  
Hermoza, Jose  
Hernández Moreno, Enrique  
Howden, S. Mark  
Howitt, Richard  
Huelin Franquelo, Maria  
Ibáñez Carranza, Juan Carlos  
Indij, Damian  
Jahn, Jean Marc  
Jiménez Fernández de Palencia, Alejandro  
Jung, Gerlinde  
Juran, Ilan  
Katz, David  
Khan, Mobarak Hossin  
Kirketerp, Christiane  
Klein, Gary

Kleiner, Yehuda  
 Knapp, Alan K.  
 Knauer, Sônia  
 Knutson, Cody L.  
 Kraemer, Alexander  
 Kundzewicz, Zbigniew W.  
 Kunstmann, Harald  
 La Calle Marcos, Abel  
 Laboranti, Claudio  
 Lama Pedrosa, Beatriz  
 Lara, Marlon  
 Larrain Aspillaga, Felipe  
 Lasa García, Vladimir  
 Lattemann, Sabine  
 Laube, Wolfram  
 Laux, Patrick  
 Le Strat, Anne  
 Leahy, Stephen  
 Leichenko, Robin M.  
 Liebe, Jens.  
 Liebers Baldovino, Arturo  
 Lilliestam, J.  
 Linares, Pedro  
 Llamas, M. Ramón  
 Lobina, Emanuele  
 López de las Huertas, Adrián Martín  
 López Martos, Juan  
 López Vera, Fernando  
 Luege Tamargo, José Luis  
 Luizao, Flávio  
 Lund, Jay R.  
 Maceira Rozados, Alejandro  
 Maneja, Roser  
 Manning, N.  
 Manzi, Antonio  
 Marcen Albergo, Carmelo  
 Marchena, Manuel Jesús  
 Margot Parkes,  
 Maria Saleth, Rathinasamy  
 Martín Carrasco, Francisco  
 Martín Rosales, Wenceslao  
 Mata, Luis J.  
 Mazzeo, Claudia Nora  
 Melo Baptista, Jaime  
 Membiela, J.A.  
 Mendiluce, María  
 Messaoud, Terra  
 Miguez, Gustavo  
 Millán, Millán M.  
 Minta, Aboagye  
 Mohanty, Nirmal  
 Mollard, Eric  
 Monje, Crisitina  
 Montoya Cañas, John  
 Moreira Rato, Rodrigo  
 Mori, Mitsuru  
 Morrison, Karen  
 Muñoz Jiménez, Julián  
 Naicker, Keith M  
 Nascimento, Nilo  
 Navarro Espada, Carlos Javier  
 Naveh, Nir  
 Newborne, Peter  
 Nguyen, Bruno  
 Nieto, Ignasi  
 Nobre, Carlos  
 Nordstrom, Saba  
 O'Brien, Karen L.  
 Ollero Ojeda, Alfredo  
 Ontañón Nasarre, Nazaret  
 Orbe, Hektor  
 Orosa Monteso, Verónica  
 Orozco, Aura Lyli  
 Ouibiga, Harouna  
 Pahl-Wostl, Claudia  
 Palutikof, Jean  
 Papp, Kálmán  
 Pardo, Miguel Ángel  
 Perales Momparler, Sara  
 Pérez Leblic María Isabel  
 Pérez Llorens, José Lucas  
 Petrella, Riccardo  
 Piernavieja, Gonzalo  
 Pires Cardoso, Manfredo  
 Pizano Callejas, Jorge Enrique  
 Pochat, Víctor

|                                      |                                |
|--------------------------------------|--------------------------------|
| Pozo, Cristina del                   | Shahzad, Irfan                 |
| Prieto, Fernando                     | Shechter, Mordechai            |
| Pulido, Antonio                      | Silva, C. da                   |
| Pulwarty, Roger S.                   | Smet, Jo                       |
| Qaraeen, Eman                        | Smith, Melinda D.              |
| Quiñones Jalisto, Lucio              | Snoy, Bernard                  |
| Rajani, Balvant                      | Solanes, Miguel                |
| Ramírez, José Javier                 | Steinitz, Carl                 |
| Ramos Alcalde, Belén                 | Sturzenegger German            |
| Rayón Martín, Fernando               | Subramanian, Ashok K.          |
| Redfearn, Howard                     | Sutherland, A.                 |
| Renard, Nicolas                      | Swalley, David                 |
| Robledo, Gustavo                     | Tal, Alon                      |
| Rocco, Américo                       | Taylor, Ben                    |
| Rodríguez Briceño, Emiliano          | Urquiza Estada, Manuel M.      |
| Rodríguez Sandoval, José             | Urrea Mallebrera, Mario Andrés |
| Rodríguez, Andrés                    | Vairavamoorthy, Kalanithy      |
| Rodríguez, Diego                     | Valdés, Juan B.                |
| Rojo, Leopoldo                       | Valencia Vargas, Juan Carlos   |
| Romero Tierno, César                 | Valle, Javier del              |
| Rooney, Tom                          | van de Giesen, Nick            |
| Rose, Robert J.                      | van Schaik, Henk               |
| Rueda Martínez de Santos, José Ramón | Vargas Amelin, Elisa           |
| Ruiz de la Torre, Juan               | Vela Pardos, Noelia            |
| Ruiz Mateo, Antonio                  | Vela Plaza, Cristina           |
| Ruiz Ruano, Iciar                    | Venema, Henry                  |
| Ruiz, Paloma                         | Verhagen, J.                   |
| Rukunga, Gerald K.                   | Verheijden, Christine          |
| Salas, Jorge                         | Wagner, I.                     |
| Saldaña Rodríguez, Juan Francisco    | Werthmann, Christian           |
| Sánchez Rodríguez, Pedro Luis        | Wilby, Robert L.               |
| Sánchez Tamarit, Sici                | Willstedt Mesa, Heikki         |
| Sancho Díaz, Javier                  | Wiltshire, Mike                |
| Sandín Vázquez, María                | Wolff, Gary                    |
| Sandoval, Ricardo                    | Yagüe Córdova, Jesús           |
| Sanz, Miguel Ángel                   | Young, Mike                    |
| Sanz, Z.                             | Zarzo Martínez, Domingo        |
| Sauga, Gema de la Cruz               | Zeledón, José Miguel           |
| Saunders, J. Owen                    | Zorrilla, Julio                |
| Schemenauer, Robert S.               |                                |
| Schmidt, Wolf-Peter                  |                                |
| Segura Graiño, Ricardo               |                                |
| Serrano Rodríguez, Antonio           |                                |

Tribuna del Agua de Expo Zaragoza 2008

## SOCIEDAD ESTATAL EXPOAGUA ZARAGOZA 2008

## PRESIDENTE

Roque Gistau

## DIRECTOR GENERAL DE OPERACIONES Y CONTENIDOS

Jerónimo Blasco

## DIRECTOR GENERAL DE CONSTRUCCIÓN

Eduardo Ruiz de Temiño

## DIRECTOR GENERAL DE RECURSOS Y MEDIOS

José Luis Murillo

## SECRETARIO GENERAL

Ignacio Salvo

## DIRECTOR DEL GABINETE DE PRESIDENCIA

José María Ortega

## ADJUNTO A LA DIRECCIÓN GENERAL DE OPERACIONES Y CONTENIDOS

Francisco Pellicer

## JEFE DE DEPARTAMENTO DE PUBLICACIONES, DOCUMENTACIÓN Y CONTENIDOS

Javier Albisu Iribe

## DIRECTOR DE LA TRIBUNA DEL AGUA

Eduardo Mestre

## JEFE DEL DEPARTAMENTO DE CONTENIDOS

David Baringo

## JEFE DEL DEPARTAMENTO DE EVENTOS PARALELOS

Eva Zuazua Schücker

## COORDINADOR DE LAS SEMANAS TEMÁTICAS

Carlos Rodríguez Casals

## PRESIDENTE DEL COMITÉ CIENTÍFICO DE TRIBUNA DEL AGUA

Juan López Martos

## ASESOR CIENTÍFICO

Ricardo Segura

## EQUIPO DE TRIBUNA DEL AGUA

David Corellano

Sara Delgado Castillo

Javier Del Valle

Elena García Rubio

José Espona

Raymundo Garrido

Josué I. Hernández

Eduardo Jara Roncati

Cintia Liz Santiago

Santiago Marco Mommens

Patricia Martín Díaz

Alfonso Pardo

Pilar Pérez Cebrián

Lucía Soriano

Jorge Tabuenca

María Pilar Torres Solanot

Gaizka Urresti

Javier Aparici

Javier Arbués

Bárbara Ávila

David Barco Val

Carlos Enrique Bayo

Olga Becerril

Luis Carlos Betes

Carmen Brusel Muñoz

Nuria Calleja

Antonio Casado Rubio

Juan Andrés Clavera

Diego Colón de Carvajal Perales

José Luis Fernández Gutiérrez

Pablo Gómez

Pilar González Meyagui

Miguel Lobera

M<sup>a</sup> Rosa Medina

Maite Puentes

Wilmer A. Ruiz Rickly

Francisca San José Pérez

Luis Seguí Amórtegui

Marisa Sesé Tizón

Carlos Val

© edición:

Expoagua Zaragoza 2008 S.A. / Turner

Traducciones

GLS Servicios Lingüísticos y Target Traductores

Maquetación

El Vaso. Estudio de diseño y comunicación

Impresión:

INO Reproducciones

© textos:

Sus autores

© imágenes e ilustraciones:

Sus autores

Primera edición: febrero, 2009

Reservados todos los derechos de esta edición

Impreso en España

Título impreso con papel ecológico, libre de cloro  
y procedente de bosques con certificación forestal  
sostenible.

D.L.:

ISBN:

978-84-935471-5-8





SOCIOS



PATROCINADORES



PATROCINADORES DE CONTENIDO



MEDIOS PATROCINADORES

ARAGÓN RADIO • ARAGÓN TV • COPE • Grupo HERALDO DE ARAGÓN • Grupo INTERECONOMÍA • Grupo PRISA  
Grupo ZETA • HACHETTE FILIPACCHI • RTVE • UNIDAD EDITORIAL • VOCENTO

MEDIOS COLABORADORES

EL CONFIDENCIAL • Grupo ARAGÓN DIGITAL • Grupo EL PROGRESO • Grupo JOLY • PERIODISTA DIGITAL • PROMECAL • TELEVISIÓN CASTILLA Y LEÓN

ISBN 978-84-935471-5-8



PVP: 10 €



PLAN DE DIVULGACIÓN EDITORIAL  
DEL CONOCIMIENTO DEL AGUA  
Y DESARROLLO SOSTENIBLE



**patrocinadores y colaboradores**

