



sabadell universitat

www.sabadelluniversitat.org

ESTIU 2006

S9. L'aigua a Catalunya: Nous reptes i noves oportunitats

Sabadell, 6 i 7 de juliol

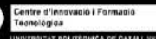
LA REUTILIZACIÓN PLANIFICADA DEL AGUA

Rafael Mujeriego, coordinador de l'Agència Catalana de
Certificació

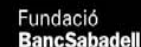
Seminari patrocinat per:



Organitzadors:



Patrocinadors:





LA REUTILIZACIÓN PLANIFICADA DEL AGUA

Rafael Mujeriego
Catedrático de Ingeniería Ambiental
Universidad Politécnica de Cataluña

L'Aigua a Catalunya: Nous Reptes i Noves Oportunitats
Sabadell Universitat, 6 i 7 juliol 2006



Escola Tècnica Superior d'Enginyers
de Camins, Canals i Ports de Barcelona

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA



Introducción

- La reutilización es un componente intrínseco del *Ciclo Natural del Agua*
- La reutilización indirecta o incidental viene ocurriendo desde tiempo inmemorial
- La reutilización directa o planificada es más reciente y se realiza sin mediar vertido o dilución en un cauce natural
- La reutilización ha alcanzado un notable desarrollo en países con recursos hidráulicos notables, pero con acusados déficits temporales o regionales, como California, Florida, Israel y la España peninsular e insular



Motivaciones

- Ampliar las fuentes de suministro de agua,
"proporcionar una nueva fuente de agua"
 - insuficiencia de las fuentes tradicionales
 - aumento de poblaciones, actividades y dotaciones
 - sequías plurianuales
- Mejorar la gestión del vertido de aguas residuales,
"optimizar la gestión del agua residual"
 - crecientes exigencias sanitarias y ambientales
 - nuevos requisitos de ubicación de las EDAR
 - niveles de depuración más estrictos (N, P, vertido cero)



Terminología I

Regeneración del agua:

tratamiento para adecuar la calidad del agua a su uso

Requiere normalmente una definición de:

- Criterios y normas de calidad del agua aplicables a los diferentes tipos de aprovechamiento
- Procesos de tratamiento opcionales disponibles para alcanzar los niveles de calidad requeridos



Terminología II

Reutilización del agua:

la acción de poner el agua a disposición de un determinado aprovechamiento (diferente de su vertido)

Requiere normalmente:

- Una red de distribución (una doble red)
- Dispositivos de regulación para ajustar producción y uso
- Unos requisitos para el uso del agua, tales como paneles informativos, conexiones, sistemas anti-retorno y color de los conductos



Calificativos

- Reutilización incidental o indirecta
- Reutilización planificada o directa
- Reutilización restringida y reutilización sin restricción
- Cultivos alimentarios y cultivos no alimentarios
- Reutilización potable y reutilización no potable
- Nuevas designaciones:

Reciclada: adoptada en las normas de California

Agua Nueva (New Water): Singapur

Reutilización del agua (residual depurada)



Beneficios

- Es una **nueva fuente de recursos**
- Facilita una mejor gestión de la calidad
- Disminuye el tratamiento y el vertido de las aguas residuales
- Reduce los aportes de contaminantes al medio acuático
- Pospone las nuevas instalaciones de suministro
- Ahorra energía eléctrica respecto a nuevos abastecimientos
- Reduce las aportaciones de dióxido de carbono
- Recicla nutrientes, en riego agrícola y de jardinería
- **Mejora significativamente la garantía y la estabilidad de los caudales, respecto a los de zonas semi-áridas**

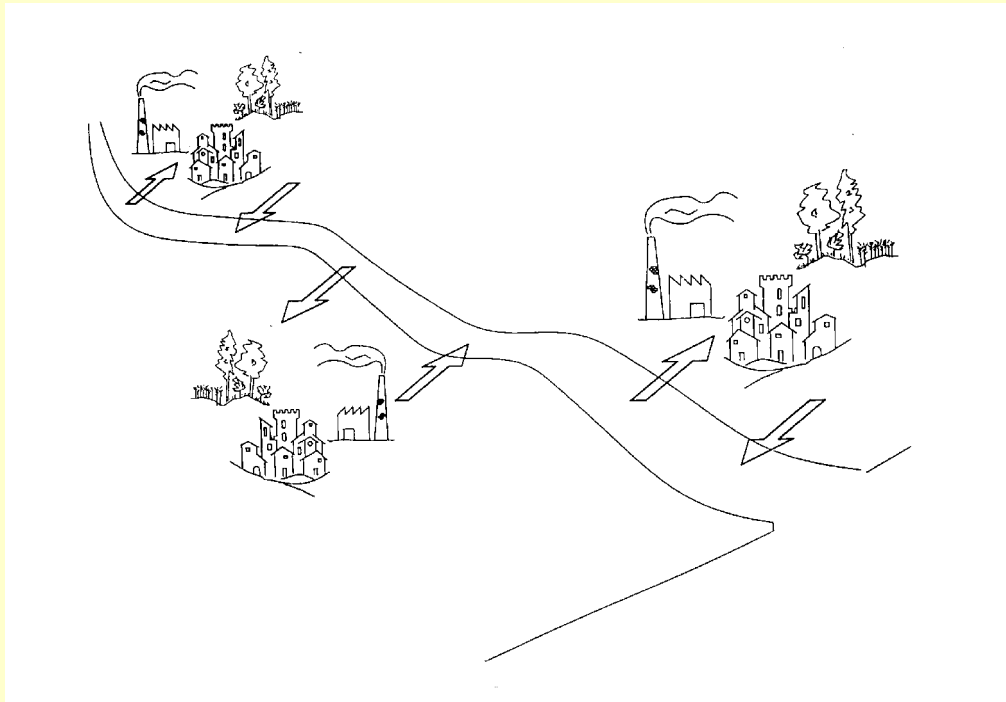


Exigencias

- Unos criterios y normas de calidad, y unos requisitos de uso
- Un marco reglamentario y administrativo apropiado
- Unas ordenanzas de vertido que eviten la incorporación de contaminantes indeseables (ej. la salinidad)
- **Una nueva o doble red de distribución**
- Un alto nivel de fiabilidad del proceso de regeneración
- **Una nueva mentalidad profesional:** elaborar un producto de calidad, en lugar de generar un residuo
- **La voluntad política** de incorporar la regeneración y la reutilización del agua en la **gestión integrada** de los recursos



Reutilización indirecta: tradicional

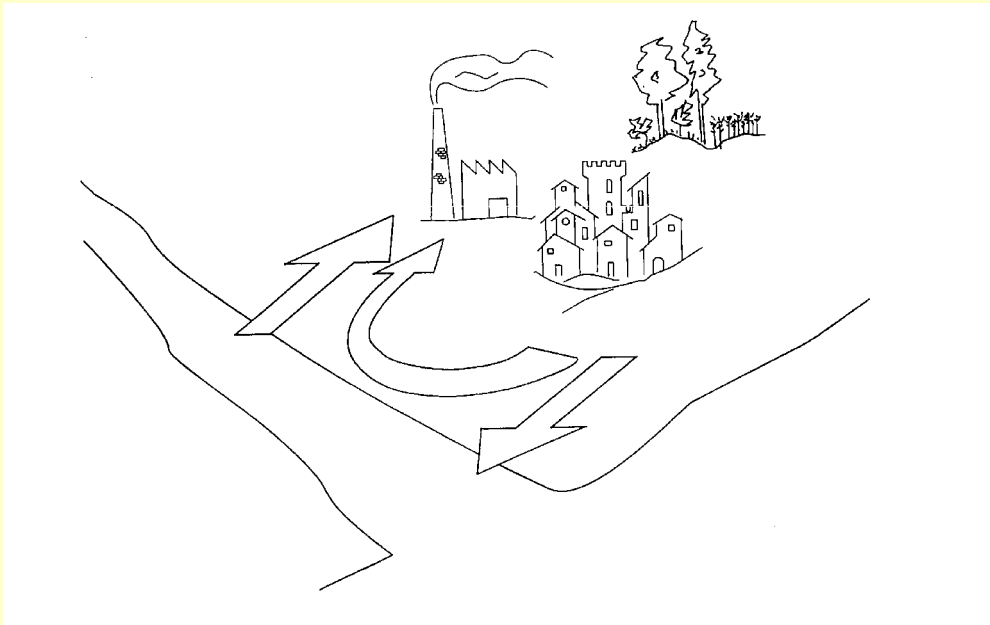


La reutilización planificada no proporciona recursos adicionales: el volumen de agua de la cuenca permanece constante

No obstante, la reutilización planificada permite optimizar la asignación de recursos de agua disponibles entre los diferentes usuarios



Reutilización planificada o directa



La reutilización planificada proporciona recursos adicionales: los caudales que no se usan y se vierten al mar

La reutilización planificada permite optimizar la asignación de los recursos actuales y los adicionales entre los diferentes usuarios



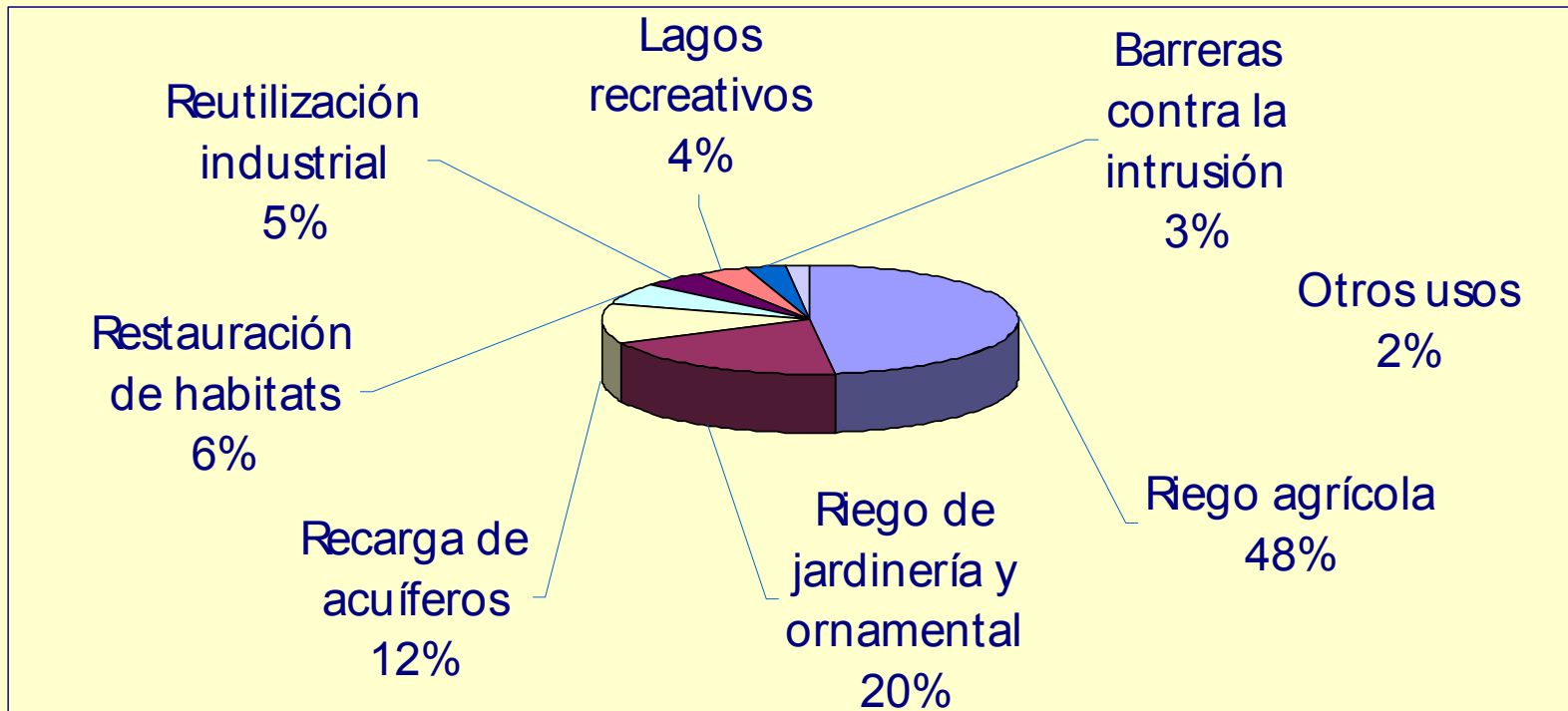
Tipos de reutilización

- Riego agrícola y de jardinería
- Usos industriales: refrigeración, aguas de proceso, lavado de trenes
- Uso recreativos: lagunas y lagos ornamentales
- Usos urbanos: cisternas de inodoros, lucha contra incendios, baldeo de calles, lavado de coches
- Preservación y mejora del medio natural: humedales
- Recarga de acuíferos: infiltración e inyección
- Aumento de fuentes de abastecimiento



California, 2000

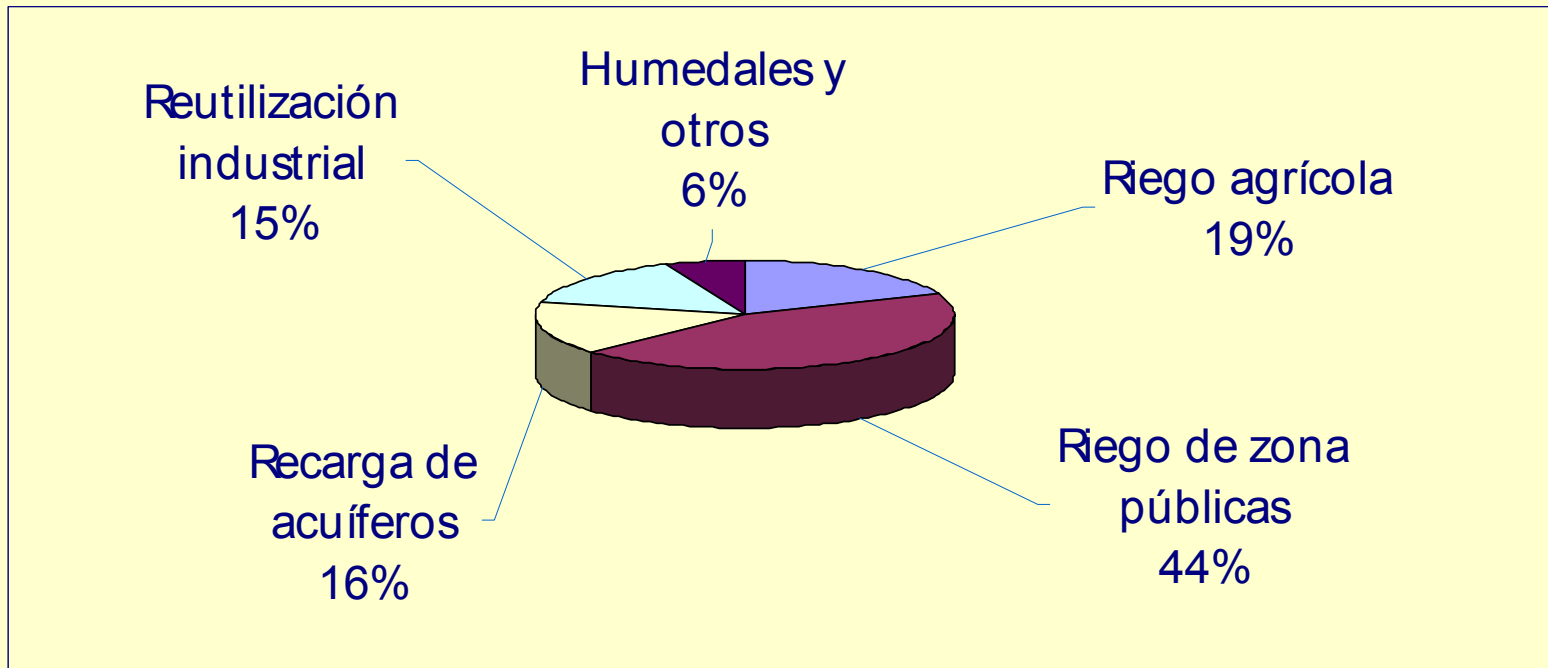
495 hm³/año (330 hm³/año en 1987) 8-10%





Florida, 2001

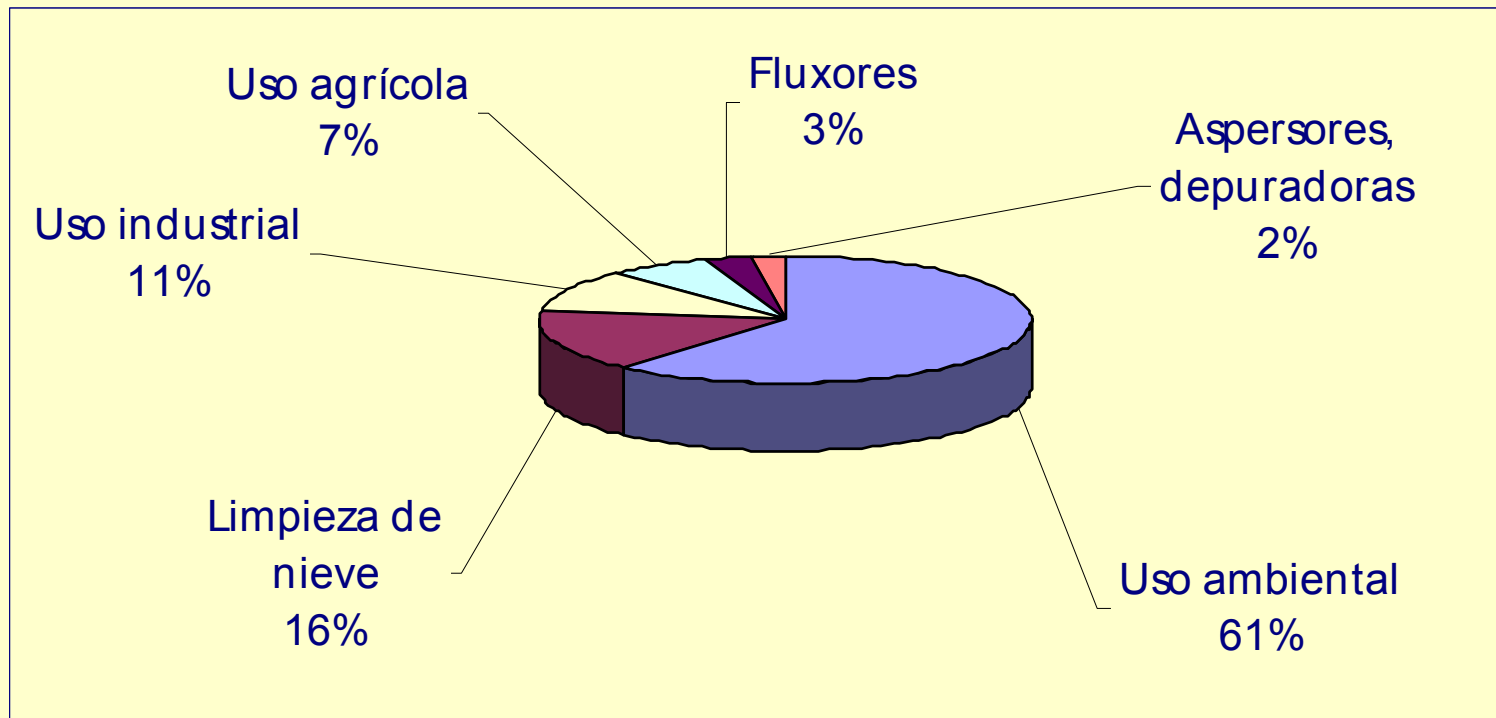
810 hm³/año





Japón, 2001

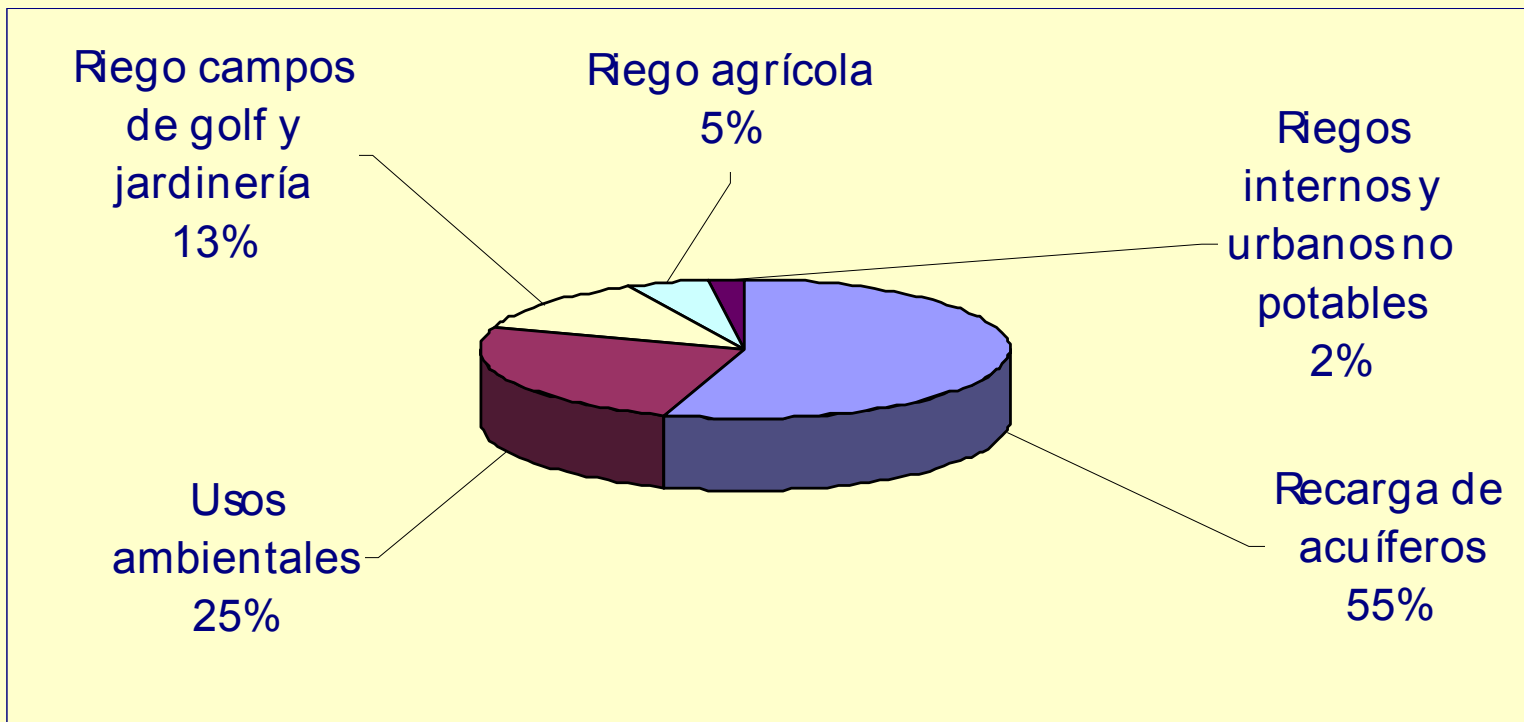
206 hm³/año (1,5%) , en más de 1670 EDARs





Consorci Costa Brava, 2004

5,4 hm³/año (20% de 28 hm³/año) (2,1 hm³/año; 2000)





Criterios de calidad

- Criterios organolépticos: olor, color, sabor
- Criterios ambientales: toxicidad, oxígeno disuelto
- Criterios agronómicos: nutrientes, sales, toxicidad;
 - Manual Práctico de Riego (1999)
- Criterios sanitarios:
 - Recomendaciones de la OMS (1989), en revisión (2006)
 - Directrices de la USEPA (2004)
 - Criterios de reutilización de California (junio 2001)
 - Propuesta del CEDEX (1999), diversas CCAA y MMA (2005)
 - Propuesta del Ministerio de Medio Ambiente (2006)



Opciones alternativas

- Normas de calidad del agua poco exigentes:
 - Sistemas de tratamiento poco exigentes y requisitos de explotación limitados
 - Restricciones de uso más exigentes, dependiendo de la zona (uso restringido), y un intenso seguimiento analítico
- Normas de calidad del agua exigentes:
 - Sistemas de tratamiento y requisitos de explotación más exigentes
 - Requisitos de uso menos restrictivos (uso sin restricciones), y un seguimiento analítico muy limitado



Debate actual

- EEUU:
 - Promover la reutilización indirecta para usos potables, o restringir la reutilización a usos no potables
 - La percepción pública es un factor esencial adicional:
“toilet to tap” or **“sewers to showers”**
 - La viabilidad económica (usualmente bajo gestión separada)
- España:
 - Debates centrados en aspectos técnicos, especialmente en criterios y normas de calidad, y procesos de tratamiento
 - Éxito limitado, debido a la escasa atención a la gestión integrada de los recursos



Factores limitantes en España

- Los proyectos han sido promovidos generalmente por los propios usuarios, debido a la necesidad coyuntural de agua
- Han sido realizados sin un marco regulador que establezca la titularidad del recurso, el régimen económico y financiero (ayudas y cánones), las responsabilidades contractuales, la fiabilidad del proceso y la calidad del agua
- En ausencia de criterios de calidad y requisitos de uso
- Sin una gestión integrada de beneficios y costes
- Han alcanzado una gran aceptación entre los usuarios y una percepción pública muy favorable en ciertos casos



Avances en España

- 1985 – 1995: nos ha permitido constatar que
“lo sabemos hacer”
1995: plantas de regeneración del CCB, de Vitoria-Gasteiz y en otras zonas españolas
- 1995 – 2004: nos ha permitido constatar que
“sabemos lo que cuesta”
2004: construcción del primer embalse en Vitoria-Gasteiz, de 7 hm³, para regar 10.000 ha en verano
- El futuro: barrera contra la intrusión de El Prat, interconexión de plantas en Costa del Sol, y **gestión integración** mediante acuerdos entre usuarios urbanos, agrícolas y de ocio



Proyecto de reutilización

- Un programa de control de vertidos a la red de saneamiento (ordenanzas): p.e. la salinidad
- Un tratamiento biológico secundario con/sin eliminación de nutrientes: sufragado por el plan de saneamiento
- Un tratamiento de regeneración:
 - Natural o convencional, centralizado o descentralizado
 - Básicamente una eliminación de MES y una desinfección
- Un depósito regulador de caudales o alternativa de vertido
- Un sistema de distribución del agua (nuevo o existente)
- Un servicio de calidad: un producto en lugar de un residuo



Análisis de costes

- La reutilización del agua requiere la regeneración y la distribución
- El coste de la regeneración es menor que el coste marginal de nuevas fuentes de abastecimiento
- La doble red de distribución plantea un reto financiero, especialmente al inicio de la reutilización
- Un marco de gestión integrada permite asumir esos costes a cambio de recursos adicionales (por sustitución o por aportación) o de una mejor calidad el agua
- Las agencias responsables del ciclo del agua tienen la posibilidad de beneficiarse de la reutilización planificada



Magnitudes económicas

- El Plan de reutilización integral de Vitoria-Gasteiz, Comunidad de Regantes Arrato - Diputación Foral de Álava, ha supuesto:
 - Una inversión de 28 M de euros: red de riego para 10.000 ha (bombeos, red de distribución, embalse de 7 hm³ para almacenar en invierno y regar en verano)
 - Una inversión de 3,25 M euros: planta de regeneración de agua, de 35.000 m³/día (400 L/s), con calidad adecuada para riego sin restricción
 - Unos costes de E&M: 0,4 M de euros para producir 12,5 hm³ anuales de agua regenerada para riego sin restricción



Inversión y energía

Costes de inversión y de energía de diversos elementos de gestión, Consorcio Costa Brava (a), Vitoria (b) y Palma de Mallorca, 2001-04.

Alternativa	Inversión, euros/m ³ -anual	Amortización, años	Energía, kWh/m ³
Regeneración (riego sin restricción)	0,26 (b)	15-25	0,001-0,73 (a)
Regulación (en derivación) (en acuífero)	1,7 (Vitoria, 2004) 2,0 \$ (Calif., 2000) 0,86 \$ (Calif., 2005)	> 100 > 100 25	----
Desalación (Blanes, futuro Barcelona, P. Mallorca)	3,0 – 4,0	5 (membranas)	3,8 - 4,0



Asignación de recursos

- Los episodios de sequía plantean fuertes tensiones entre usuarios, y potencian el interés por nuevas fuentes de agua
- La ley española asigna al consumo humano prioridad sobre el resto de usos
- Las sequías de 2005 han suscitado intensos debates entre usuarios urbanos y agrícolas, de la misma o diferente cuenca
- Las previsiones para el verano de 2006 son de una reducción del 50% en las dotaciones de riego agrícola
- El coste del agua regenerada suele ser mayor que el del agua de riego, pero inferior al coste marginal de nuevas fuentes



Reutilización en regadío

- Cada aprovechamiento tiene unas exigencias de calidad
- Los parámetros de calidad de agua de riego son diferentes de los relativos a la depuración del agua (protección ambiental)
- Parámetros básicos: la salinidad, los cloruros, el boro, los iones
- Se dispone de experiencia agronómica para ajustar el uso del agua a los cultivos, teniendo en cuenta su variación temporal
- Las dobles redes urbanas son incipientes en nuestro país
- Deben evitar la interconexión y asegurar su estanqueidad
- Existen casos elocuentes en California y Florida, zonas con déficits crónicos y crecientes de recursos



Reutilización en zonas costeras

- El desarrollo urbano, turístico y agrícola actual plantea serias dificultades para atender los consumos
- Se dispone de dos criterios operativos: la utilización racional y la reutilización planificada para usos no potables
- Existe un gran paralelismo entre la producción estival de agua depurada y las demandas para riego agrícola y de jardinería
- La reutilización planificada permite asegurar
 - el riego de jardinería (mejor calidad de vida)
 - el riego agrícola, fuente estratégica de recursos económicos
 - la recarga de acuíferos costeros y humedales



Nuevo marco de gestión

- Los Organismos de cuenca ofrecen un marco excelente y favorable para potenciar una gestión integrada
- Los Centros de Intercambio de Derechos de Uso del Agua ofrecen grandes posibilidades para incorporar el agua regenerada en la gestión integrada
- Los intercambios liberan aguas pre-potables (usos urbanos) y aseguran aguas regeneradas para usos agrícolas y de jardinería
- Esos intercambios deben contar con garantías jurídicas e interés económico suficiente para los concesionarios
- La garantía de suministro y la calidad del agua regenerada consolidarán la estrategia



Acuerdo marco

- Un amplio acuerdo marco entre usuarios agrícolas y urbanos ofrece la posibilidad de satisfacer sus necesidades de agua
- La experiencia en zonas con déficits estacionales o temporales similares ofrece una amplia variedad de instrumentos técnicos, económicos, financieros y de gestión
- Los acuerdos contractuales pueden satisfacer la calidad y la garantía de suministro, y los intereses económicos de los concesionarios, contribuyendo así a resolver los déficits de recursos y a respaldar la calidad de los productos cultivados



Nuevos proyectos

- Recarga de acuíferos por infiltración en el río Tordera:
de 0,2 hm³ en 2002 a 3,0 hm³ en 2004
- Ampliación de caudales del río Llobregat, caudales de riego y alimentación de zonas húmedas, con capacidad de 3,15 m³/s
- Barrera contra la intrusión salina en el delta del río Llobregat
2.000 m³/día en 1^a fase y 20.000 m³/día en 2^a fase
- Distribución de agua en zonas urbanas: proyecto Sabadell
- Redes de interconexión de plantas: Costa del Sol Occidental
- Desalación de aguas regeneradas: mancomunidades canarias
- Creciente interés nacional e internacional por los proyectos de reutilización españoles



Una cuestión múltiple

En resumen, la reutilización planificada tiene múltiples facetas, en tanto que es:

- una cuestión técnica
- una cuestión de salud pública
- una cuestión económica y financiera
- una cuestión reglamentaria
- una cuestión de gestión
- una cuestión ambiental
- una cuestión de percepción pública

Es sin duda una cuestión de **política de gestión de recursos**



Estrategias de futuro

- Presentar el agua regenerada como una *nueva fuente de agua*
- Promover la *integración* en la gestión de los recursos
- Impulsar la *mejor calidad del agua* posible
- Proporcionar un *toque de naturalidad*
- Impulsar la *información y participación del público*
- Asegurar la *aceptación y el apoyo de la población*
- *Divulgar proyectos emblemáticos* en España peninsular e insular, y en el extranjero: GWRS (OCWD, California), y el New Water Project en Singapur



Conclusiones

- La reutilización planificada es un componente esencial de la gestión integrada de los recursos: proporciona nuevos recursos
- La regeneración se concibe como un proceso destinado a elaborar un producto de calidad: un agua nueva
- El progreso no depende únicamente de los avances tecnológicos o normativos, sino de la voluntad política de implantarla
- Las agencias responsables del ciclo del agua (ACA) tienen una posición inmejorable para incorporar la reutilización planificada
- El coste de inversión de un proyecto de regeneración de agua para riego sin restricción es de 0,3 euros/m³-anual, comparada con 1,8 euros/m³ de la regulación y con 3,0-4,0 euros/m³ de la desalación marina



Conclusiones

- El coste del agua regenerada se sitúa en torno a 0,06 euros/m³ en planta, más la impulsión y la distribución
- La reutilización puede exigir una doble red de distribución, lo que comporta una inversión importante que hay que planificar
- La reutilización planificada ofrece una garantía de suministro muy superior a las fuentes convencionales
- Los proyectos de reutilización en España han sido promovidos por los propios usuarios, debido a la necesidad de agua, sin una gestión integrada que redistribuya beneficios y costes
- Sabemos regenerar agua y sabemos lo que cuesta hacerlo; hemos de incorporarlo a la gestión integrada del recurso



Conclusiones

- Un amplio acuerdo marco entre usuarios agrícolas y urbanos es una vía muy favorable para resolver las necesidades de agua pre-potable y de agua de riego
- Esos acuerdos formales permitirán resolver los déficits de agua de regadío y respaldar las exigencias de calidad de los productos cultivados
- Un agua regenerada de buena calidad permite asegurar la protección de la salud pública y del medio ambiente en usos urbanos sin restricción
- Los proyectos de demostración contribuyen al desarrollo tecnológico, a la aceptación por parte del público, ofrecen nuevos puestos de trabajos y confieren prestigio



**i Muchas gracias por
su atención !**