



Balances energéticos del ciclo del agua y experiencias de reutilización planificada en municipios de la Costa Brava

Lluís Sala

Consorti de la Costa Brava
lsala@ccbgi.org

Seminario Internacional

AGUA, ENERGÍA Y CAMBIO CLIMÁTICO

Valencia, 29 – 31 octubre 2007

¿Por qué un balance energético?

- Creciente importancia del concepto de sostenibilidad
- La regeneración y reutilización del agua supone un incremento del consumo energético respecto al tratamiento secundario del agua residual
- La captación, el tratamiento y la distribución del agua potable también tienen coste energético
- Pregunta: ¿Cómo se comparan los consumos energéticos? ¿Es la reutilización del agua un verdadero paso hacia una mayor sostenibilidad?

La sostenibilidad

- Concepto clave en la gestión de los recursos en el siglo XXI
- En el ciclo del agua, se trata de utilizar los recursos de una forma que no queden comprometidas ni su utilización futura ni el medio ambiente (ecosistemas, biodiversidad), evitando los efectos tanto sobre la cantidad como la calidad
- Hasta el momento la evaluación ambiental sólo ha tenido en cuenta los impactos directos sobre las masas de agua, especialmente de las extracciones del medio y de los vertidos.

¿Cómo medir la sostenibilidad?

- Utilización de la evaluación del concepto de ciclo de vida de los elementos de un proceso (“cradle-to-grave”).
- Determinación de los impactos globales de las prácticas realizadas y de las tecnologías utilizadas
- A pesar de todo, estas evaluaciones requieren de algunas premisas a definir de forma subjetiva – estudios sin conclusiones definitivas o incluso a veces resultados contradictorios.

¿Cómo medir la sostenibilidad en en el sector del agua?

- En la gestión del agua potable se ha demostrado que las principales cargas ambientales son debidas al consumo de energía - Friedrich, E. (2002). Life-cycle assessment as an environmental management tool in the production of potable water. *Wat. Sci. & Tech.*, Vol 46 No 9 pp 29-36.
- Evaluación de la sostenibilidad en la gestión del agua por comparación de los consumos energéticos de los distintos tramos.
- Ventajas de la utilización del consumo energético:
 - Es una herramienta de comparación totalmente objetiva
 - Es independiente de precios, tarifas, impuestos y subsidios
 - Es aplicable a cualquier tecnología
 - Es universal

Objetivos del trabajo

- Establecer una herramienta para una gestión más racional y sostenible de los recursos hídricos utilizando la medida del consumo energético de las diferentes partes del ciclo del agua en los municipios de la Costa Brava.
- Definir, en base a la evaluación de dichos consumos, en qué municipios la regeneración y posterior reutilización de las aguas depuradas para usos no potables será un factor de mayor sostenibilidad por el hecho de permitir el ahorro tanto de agua como de energía.

Metodología (I)

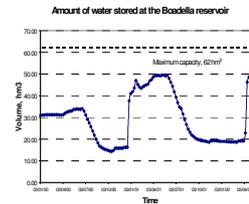
- Los cálculos de los consumos energéticos del ciclo del agua fueron realizados con datos correspondientes en su mayor parte al año 2001.
 - Desaladora de Blanes: datos de proyecto (4,77 kWh/m³ para la captación de pozos a 180 m de profundidad + desalación); según ACA, los consumos reales son algo inferiores (3,8 kWh/m³) a los utilizados en este trabajo (ver “La regeneració i la reutilització d'aigües a Catalunya: El que hem après”, Gabriel Borràs i Lluís Sala, publicado en "L'aigua a Catalunya: Una perspectiva per als ciutadans", Cátedra Agbar de la UPC, disponible en http://www.ccbgi.org/docs/lilibre_aigua_a_catalunya/Llibre_Agbar_Borras_Sala.pdf)
 - Los consumos de algunos tratamientos terciarios, en especial los que disponen de filtraciones cerradas y a presión, han sido optimizados y por tanto reducidos.
 - A pesar de las posibles ligeras variaciones en las cifras, los datos siguen siendo ilustrativos de la realidad y la idea de la comparación de los consumos energéticos en los distintos tramos del ciclo del agua sigue siendo válida y útil.

Metodología (II)

- Categorías
 - Tanto para el agua potable como para el agua regenerada
 - Captación (aguas superficiales) o extracción (aguas subterráneas)
 - Tratamiento
 - Sólo para agua potable
 - Transporte hasta los depósitos principales de distribución o hasta el punto de uso – gran variabilidad de localización de usuarios del agua regenerada
 - Para el tratamiento del agua residual
 - Captación y transporte hasta la EDAR
 - Tratamiento biológico hasta nivel secundario
- Cálculos realizados a partir de los consumos energéticos totales anuales de cada una de las categorías, divididos por el volumen anual tratado y suministrado (se recoge la variabilidad interestacional)
- Cuando no han existido datos reales de consumos se han utilizado los datos de proyecto de las instalaciones

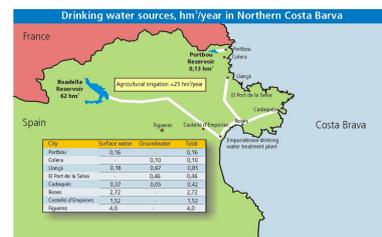
Recursos de agua potable en la Costa Brava

- La situación de los recursos de agua potable depende de la disponibilidad y de la demanda.
 - Disponibilidad relacionada con el régimen de lluvias (medias de 550-750 mm/año en la zona): llenado de embalses y recarga de los acuíferos locales – acuíferos costeros con volúmenes útiles reducidos.
 - Elevadas demandas estacionales por la importante actividad turística.
- Necesidad de trasvases de agua desde cuencas cercanas y con mayor volumen de recurso (ríos Muga, Ter y Tordera) para cubrir las demandas.
- El 60 % de la demanda anual se concentra entre Junio y Septiembre



Suministro de agua potable en la Costa Brava Norte

- Fuentes principales
 - Acuíferos locales en cada municipio y complemento de aguas superficiales del río Muga captadas del embalse de Boadella en Roses, Llançà, Castelló d'Empúries y Cadaqués.
 - Pequeño embalse propio en Portbou
- Las proporciones de cada una de las fuentes varían para cada municipio



Suministro de agua potable en la Costa Brava Centro

- En la parte norte de la Costa Brava centro, el suministro se realiza a partir de recursos de agua subterránea de la llanura del Empordà tratadas en la potabilizadora de Torrent
- Más al sur, las aguas subterráneas locales se complementan con el agua superficial del río Ter tratada en la potabilizadora de Montfullà (Girona)



Suministro de agua potable en la Costa Brava Sur

- Hasta finales de 2002, el total de agua suministrada procedía del acuífero del tramo inferior del río Tordera.
- En 2003 entra en servicio la planta desaladora de Blanes, construída para aportar agua potable a los municipios de la zona y así reducir las fuertes extracciones en dicho acuífero.

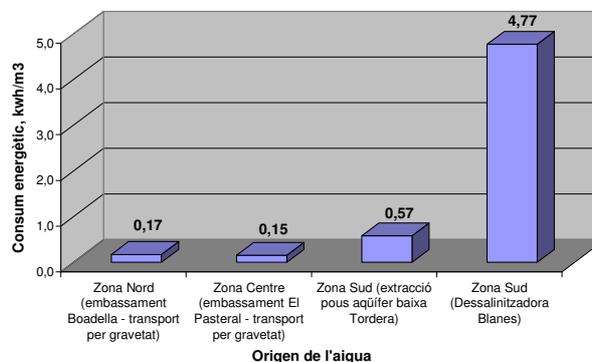


Consumos de energía en la gestión del agua potable (I)

- Datos provenientes de 29 fuentes de agua distintas
- Los consumos presentados incluyen captación/extracción + tratamiento + distribución
- Factores del coste energético en el agua potable
 - Coste bajo
 - Abastecimiento por gravedad desde embalses
 - Tratamiento convencional de potabilización
 - Distribución cercana y/o a cotas similares
 - Coste elevado
 - Extracción de pozos profundos
 - Desalación
 - Distribución lejana y/o a cotas elevadas

Consumos de energía en la captación y tratamiento del agua potable por zonas

CONSUM ENERGÈTIC DE LES PRINCIPALS FONTS D'ABASTAMENT EN ALTA (CAPTACIÓ + TRACTAMENT) A LA COSTA BRAVA

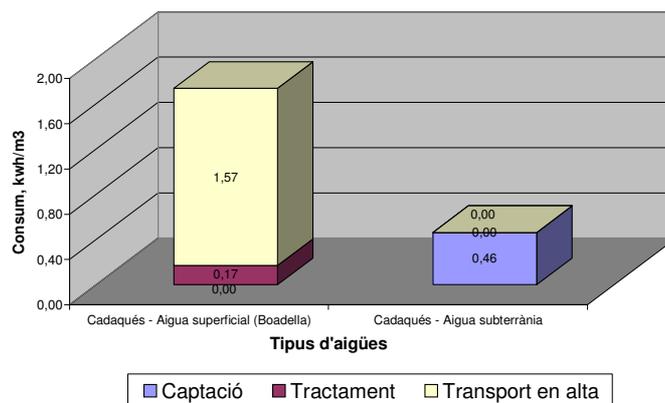


Consumos totales de energía en la gestión del agua potable (incluyendo distribución)

Fuente de agua potable	Rango consumo energético KWh/m ³
Agua superficial – transporte a cortas distancias (< 10 km)	0,0002 – 0,37
Agua superficial – transporte a largas distancias (>10 km)	0,15 – 1,74
Agua subterránea – acuíferos locales	0,37 – 0,75
Agua subterránea – acuíferos lejanos	0,60 – 1,32
Desalación (incluye distribución)	4,94 – 5,41

Ejemplos - I

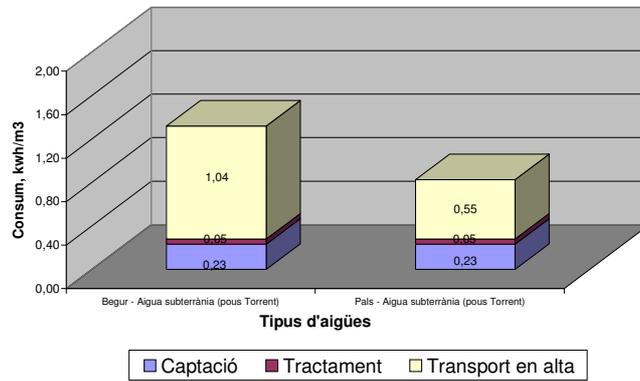
COST ENERGÈTIC DE LES FONTS D'AIGUA A CADAQUÈS



Agua de embalse energéticamente cara debido al transporte entre ETAP y población

Ejemplos - II

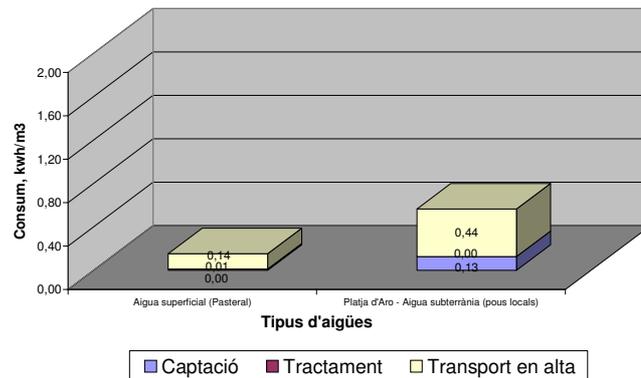
COST ENERGÈTIC DE LES FONTS D'AIGUA A BEGUR I PALS (Baix Empordà)



Costes del aigua subterrània de Begur y Pals – la diferencia se debe a la elevación necesaria para el transporte hasta Begur

Ejemplos - III

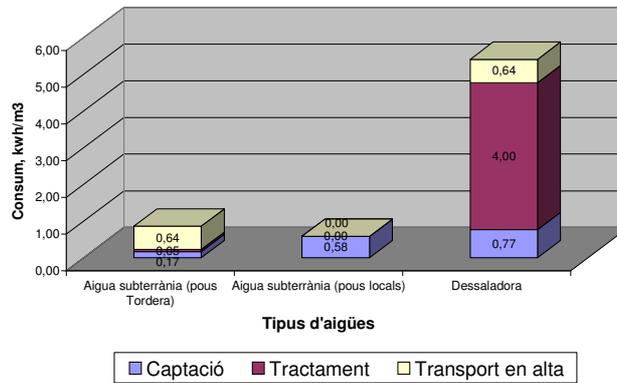
COST ENERGÈTIC DE LES FONTS D'AIGUA A CASTELL-PLATJA D'ARO



Agua de embalse energèticament barata a pesar de la distancia entre ETAP y población (distribución por gravedad)

Ejemplos - IV

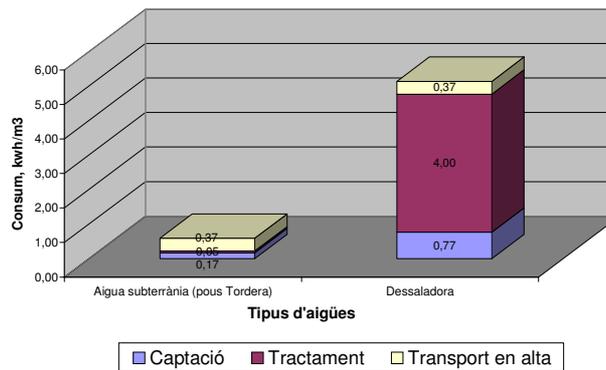
COST ENERGÈTIC DE LES FONTS D'AIGUA A TOSSA DE MAR



Agua energéticamente cara por el tratamiento y la gran distancia y diferencia de cota entre ETAP y población

Ejemplos - V

COST ENERGÈTIC DE LES FONTS D'AIGUA A LLORET DE MAR



Agua energéticamente cara por el tratamiento y la gran distancia y diferencia de cota entre ETAP y población, aunque menor que en el caso de Tossa de Mar

Consumos de energía en la gestión del agua residual

- Datos provenientes de 18 EDAR
- Los consumos presentados incluyen recolección y transporte + tratamiento biológico

Tipo de EDAR	Rango consumo energético KWh/m ³
Fangos activados convencionales	0,43 – 1,09
Aireación prolongada	0,49 – 1,01
Lagunaje convencional	0,05

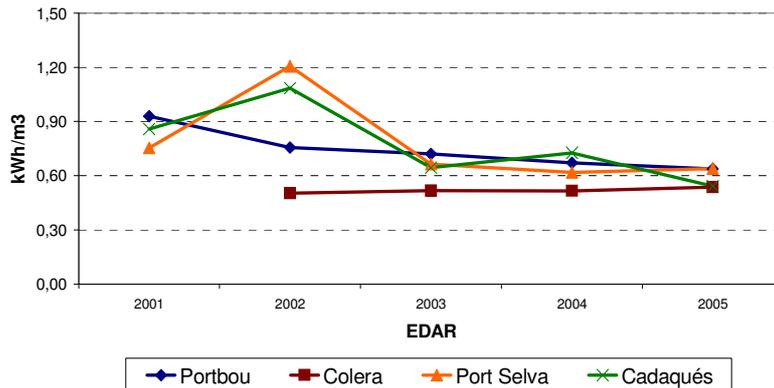
Consumos de energía en la gestión del agua regenerada

- Datos provenientes de 11 instalaciones de regeneración
- Consumos sólo del tratamiento de regeneración
 - No hay coste de captación (bombeo de las aguas residuales hasta la EDAR) – ya cubierto por el tratamiento del agua residual
 - Datos relativos a la distribución no disponibles en algunos proyectos
- Gran variabilidad del coste de distribución, dependiendo de la ubicación del usuario

Tipo de instalación de regeneración	Rango consumo energético KWh/m ³
Humedales artificiales	0,00
Desinfección (Cloro o UV)	0,0001 – 0,16
Filtración (filtros de lecho pulsado) + desinfección (UV + cloro)	0,18
Filtración directa (filtros cerrados multicapa) + desinfección (UV + cloro)	0,50 – 1,21
Coagulación, floculación, sedimentación, filtración y desinfección (UV + cloro)	0,20 – 0,63

Optimización de los consumos en los tratamientos terciarios

EVOLUCIÓN CONSUMOS ENERGÉTICOS TERCARIOS COSTA BRAVA NORTE



Comparación de los datos

- Claves para la comparación de los datos de consumos energéticos
 - El coste del tratamiento de depuración del agua residual hasta nivel secundario se deja fuera del balance, ya que dicho tratamiento debe realizarse independientemente de si hay reutilización posterior o no.
 - La comparación debe realizarse entre el consumo asociado al ciclo del agua potable y el de la regeneración del agua.
 - La diferencia entre ambos valores será el margen de consumo energético disponible para realizar la distribución del agua regenerada sin incurrir en un mayor consumo energético con respecto al uso de agua potable.

Resumen de los rangos de consumo

Tipo y fuente de agua	Rango consumo energético kWh/m ³
<i>Suministro de agua potable (incluido transporte hasta depósitos principales)</i>	
Agua superficial	0,0002 – 1,74
Agua subterránea	0,37 – 1,32
Desalación	4,94 – 5,41
<i>Tratamiento biológico de las aguas residuales</i>	
Fangos activados	0,43 – 1,09
Aireación prolongada	0,49 – 1,01
Lagunaje convencional	0,05
<i>Tratamiento de regeneración para eliminación de patógenos (a)</i>	
Filtración directa (filtros lecho pulsado) + desinfección (UV y cloro)	0,18
Filtración directa (filtros cerrados) + desinfección (UV y cloro)	0,50 – 1,21
"Title-22" + desinfección (UV y cloro) (b)	0,20 – 0,63

- (a) Consumo de la distribución del agua regenerada no incluido debido a la gran variabilidad en función de la ubicación del usuario.
- (b) "Title-22" se refiere al tratamiento completo según normativa californiana consistente en coagulación, floculación, decantación y filtración como tratamientos previos a la desinfección.

Conclusiones del estudio de balances energéticos

- El consumo energético ha sido identificado como el principal factor en los cálculos del análisis del ciclo de vida asociados al tratamiento del agua potable.
- Dichos costes pueden ser utilizados para comparar la huella ecológica de las diferentes partes del ciclo del agua
- La regeneración y posterior reutilización de las aguas residuales tratadas puede representar un paso hacia una mayor sostenibilidad en aquellos casos en que el agua potable es energéticamente cara.
- La reutilización del agua puede llevar a ahorros energéticos cuando las fuentes de agua potable son:
 - Aguas superficiales transportadas a grandes distancias y/o elevadas hasta ciertas cotas
 - Aguas subterráneas transportadas a grandes distancias y/o elevadas hasta ciertas cotas
 - Agua desalada, en cualquiera de las situaciones de distribución
- En estas circunstancias, el papel a jugar por parte del agua regenerada es el de atender las demandas urbanas no potables, evitando el consumo de agua potable.

El Consorci de la Costa Brava

- Organismo supramunicipal creado el 1971 por los 27 ayuntamientos del litoral gerundense y la Diputación de Girona
- Objetivos
 - Preservación de la salud pública y del medio ambiente en un territorio con vocación turística
 - Construcción de infraestructuras de abastecimiento en alta de agua potable
 - Construcción y mantenimiento de infraestructuras de saneamiento a través de la recaudación de tasas (transferencia a la Generalitat de Catalunya en 1993).



Actividades principales

- Gestión del ciclo integral del agua
 - Abastecimiento en alta a 14 municipios (3 externos): 20 hm³/año (2006)
 - Saneamiento y depuración biológica de aguas residuales a 28 municipios (3 externos): 34 hm³/año (2006)
 - Regeneración y reutilización de aguas para usos no potables desde 1989: 5,5 hm³/año (2006)

Motivos para la reutilización en la Costa Brava

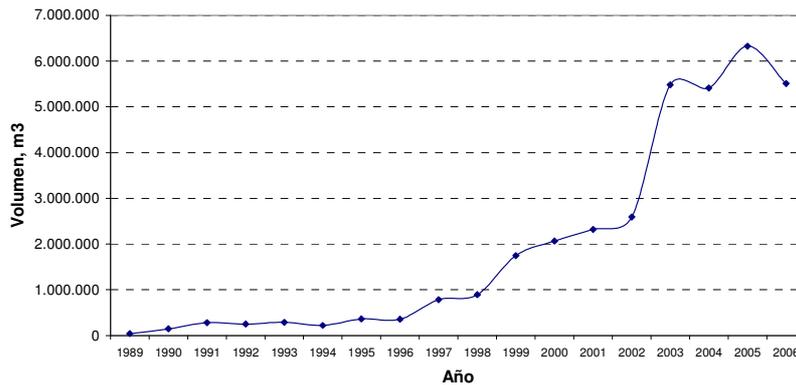
- Sobreexplotación, agotamiento y contaminación de los acuíferos costeros en los últimos 40 años
- Aumento de la demanda urbana no-potable, debida al aumento del número de campos de golf y de zonas ajardinadas
- Inversiones muy importantes en los años 80 y 90 para la traída de aguas potables a la costa, y a primeros 00 en desalación
- Elevada inversión en saneamiento y depuración de aguas residuales hasta nivel secundario, y posterior vertido al mar
- Un tratamiento adicional para producir un agua segura desde el punto de vista sanitario y para cubrir la demanda no-potable permite una gestión más eficiente y lógica de los recursos hídricos

Usos del agua regenerada en la Costa Brava

- Riego de campos de golf y de jardinería
- Riego agrícola
- Recreación y/o restauración de ecosistemas acuáticos
- Recarga de acuíferos
- Usos urbanos no-potables
- Mejora de los vertidos

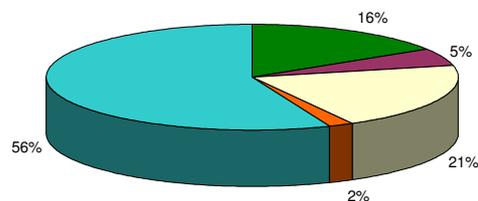
Evolución de la regeneración en la Costa Brava

EVOLUCIÓN DE LA PRODUCCIÓN DE AGUA REGENERADA EN LA COSTA BRAVA (1989-2006)



Evolución de la regeneración en la Costa Brava

DISTRIBUCIÓN DEL AGUA REGENERADA PRODUCIDA EN 2006 SEGUN LOS USOS A LOS QUE HA SIDO DESTINADA



Diseño de las instalaciones de regeneración en la Costa Brava

- Históricamente, las primeras instalaciones sólo tenían desinfección del efluente 2ario
- Progresiva mejora con tratamientos previos a la desinfección: coagulación, floculación y filtración en varias EDAR
- Tratamientos más recientes son "Title-22", con coagulación, floculación, sedimentación y filtración previas a la desinfección = potabilizadora aplicada a un efluente secundario
- Desinfección: combinación de luz UV e hipoclorito en diversas instalaciones, para un mejor funcionamiento global

Tratamientos de regeneración en la Costa Brava

- Criterio ambiental
 - Humedales construidos: 1
- Criterio protección salud pública
 - La desinfección es el elemento principal. Es necesario conseguir una reducción significativa de microorganismos indicadores
 - Pueden ser necesarios tratamientos previos de preparación del agua antes de la desinfección (coag, floc, sed, filt)
 - Filtros:
 - Abiertos, lecho pulsado (Hydroclear): 2
 - Abiertos, contralavado continuo (Huber): 1
 - Cerrados, multicapa (Culligan): 5
 - Infiltración/percolación (1)
 - Desinfección con luz UV:
 - Trojan baja presión: 5
 - Wedeco, baja presión y alto rendimiento: 1
 - Berson media presión: 3



Recarga acuíferos

- Volumen suministrado en 2006 = 3,100,000 m³
 - Blanes: recarga acuífero río Tordera
 - Port de la Selva: barrera contra intrusión marina en pozos de agua potable



Usos ambientales

- Volumen suministrado en 2006 = 1,169,000 m³ (incluye mejora vertidos)



Riego de campos de golf y jardinería

- Volumen suministrado en 2006 = 890,000 m³
- Previsión de crecimiento por nuevos suministros, dependiendo de climatología



Riego agrícola

- Volumen suministrado en 2006 = 280,000 m³
- Previsión de crecimiento por nuevos suministros, dependiendo de climatología



Usos urbanos no-potables

- Volumen suministrado en 2006 = 111,000 m³ (incluye usos internos EDAR)
- Previsión de crecimiento por nuevos suministros (red de Tossa de Mar)



Proyectos en desarrollo

- Redes de distribución de agua regenerada:
 - En servicio: Tossa de Mar y Lloret de Mar
 - En proyecto: Portbou, Port de la Selva, Cadaqués, Santa Cristina d'Aro
- Recarga acuífero Port de la Selva (inviernos secos)
- Automatización plantas de regeneración de agua para protección calidad sanitaria
 - Sondas en continuo
 - Enlace con electroválvulas
- Seguimiento específico de la calidad agua regenerada en redes



Por qué reutilizar: Portbou

- Severas limitaciones en la disponibilidad de agua potable en años secos debido a pequeño embalse (almacena menos agua que la que se necesita en un año) – única fuente de agua
- Objetivo: agua regenerada para usos urbanos no-potables, para aumentar garantía abastecimiento



Por qué reutilizar: Colera

- Agua de mala calidad en el pozo de la finca (elevada salinidad) a regar
- Objetivo: agua regenerada para el riego de un viñedo destinado a la producción de vino de alta calidad. Gran valor económico.



Por qué reutilizar: Port de la Selva

- Severas limitaciones en la disponibilidad de agua potable en años secos debido a la falta de recarga natural en el acuífero – única fuente de agua
- Objetivo: Recarga del acuífero entre octubre y mayo + suministro directo para usos urbanos no-potables mediante red específica entre junio y septiembre



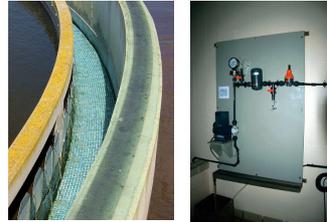
Por qué reutilizar: Cadaqués

- Severas limitaciones en la capacidad de transporte de agua potable y elevado coste energético – única fuente de agua
- Objetivo: Suministro directo para usos urbanos no-potables mediante red específica (en proyecto)



Por qué reutilizar: Pals

- Elevada calidad en el efluente secundario de la EDAR de Pals – una simple cloración es suficiente para cumplir estándares
- El agua regenerada fluye por gravedad hasta el Golf Serres de Pals – consumo energético despreciable (bomba dosificadora hipoclorito) en el proceso de reutilización

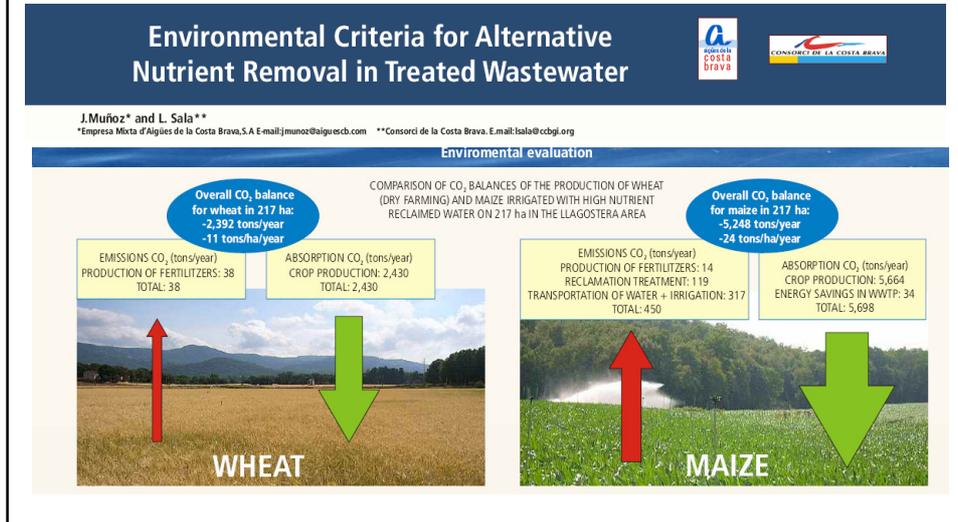


Por qué reutilizar: Castell-Platja d'Aro y Santa Cristina d'Aro

- Suministro de agua regenerada para riego de campos de golf y zonas agrícolas
- Objetivo: reducir extracciones del acuífero, esencial para atender la punta de demanda del verano (ahorro de un 15% anual del volumen útil del acuífero del río Ridaura) – aumento de la garantía del suministro en temporada turística



Fragmento del póster presentado en la 6th IWA Specialist Conference on Wastewater Reclamation and Reuse for Sustainability, Antwerp, 9-12 Octubre 2007, disponible en formato pdf en www.ccbgi.org



Por qué reutilizar: Tossa de Mar

- Elevados costes energéticos asociados a las dos principales fuentes de agua potable del municipio
- Objetivo: agua regenerada para usos urbanos no-potables y ahorro simultáneo de energía. Red municipal de distribución de agua regenerada ya en funcionamiento y con perspectivas de crecimiento. Recarga indirecta de la riera de Tossa – beneficio ecológico.



Por qué reutilizar: Lloret de Mar

- Elevados costes energéticos asociados a las dos principales fuentes de agua potable del municipio
- Objetivo: agua regenerada para usos urbanos no-potables y ahorro simultáneo de energía. Red municipal de distribución de agua regenerada ya en funcionamiento y con perspectivas de crecimiento.



Por qué reutilizar: Blanes

- Contribución al plan de recuperación del acuífero del tramo bajo del río Tordera (oficialmente sobreexplotado). Retorno de 3 hm³/año de agua regenerada que antes era vertida al mar y que ahora sirve para la recarga del acuífero



29 agosto 2007 – 100% agua regenerada

Razones para promover reutilización

Municipio	Usos del agua regenerada (presentes y proyectados a medio/corto plazo)	Razones por las que promover la regeneración y reutilización		
		Escasez o mala calidad de recursos locales	Limitación trasvases de fuentes externas	Ahorro energético
Portbou	Usos urbanos no-potables	+	N/A	-
Colera	Riego agrícola	+	N/A	-
Port de la Selva	Usos urbanos no-potables, recarga acuífero	+	N/A	-
Cadaqués	Usos urbanos no-potables	+	+	+
Pals	Riego campos de golf	+	N/A	+
Castell d'Aro	Riego agrícola y campos de golf	+	+	-
Tossa de Mar	Usos urbanos no-potables	+	-	+
Lloret de Mar	Usos urbanos no-potables	+	-	+
Blanes	Recarga acuífero, riego agrícola	+	-	+

N/A = no aplicable (no existen fuentes externas alternativas)

Nota: "Usos urbanos no-potables" incluye el riego de jardines (tanto públicos como privados), limpieza de calles, agua para los hidrantes de bomberos y otros usos urbanos diversos.

Recomendación

- Para una gestión sostenible de los recursos, las fuentes de agua de mayor coste energético deben ser dejadas como solución final para el suministro, a no ser que existan razones de peso a causa de la escasez o de problemas de calidad en los recursos usados tradicionalmente.

Conclusiones

- El agua regenerada es un recurso a potenciar, por lo que puede significar de mejora global en la gestión de los recursos, tanto hídricos como energéticos.
- En la Costa Brava es contemplada como un recurso auxiliar a potenciar, para atender determinadas demandas que no requieren necesariamente una calidad como la del agua potable.



¡Gracias por la
atención!

¿Preguntas?