



**EL USO DEL AGUA REGENERADA EN LA RECREACIÓN  
Y RESTAURACIÓN DE ECOSISTEMAS ACUÁTICOS: LA  
EXPERIENCIA PRÁCTICA EN LA COSTA BRAVA**

Lluís Sala

*Consorci de la Costa Brava*

Sergi Romero de Tejada

*Parc Natural dels Aiguamolls de l'Empordà*

**II Congreso sobre Restauración de Ríos y Humedales**

Tarragona, 23-25 enero 2007

# ¿Qué es el agua regenerada?

- Agua residual urbana: residuo líquido que circula por una red de alcantarillado y que tiene que ser tratado en una EDAR antes de ser vertido al medio
- Tratamiento de depuración (=tratamiento secundario): tratamiento, habitualmente de tipo biológico, que se aplica al agua residual para poder ser vertida al medio. Parámetros de referencia: DBO y MES (y N y P, en determinados casos)
- Tratamiento de regeneración (= tratamiento terciario): tratamiento adicional que se aplica al agua ya depurada para hacerla segura para la reutilización proyectada
- Reutilización: proceso por el cual se produce una segunda utilización de un agua. Habitualmente el segundo uso es diferente del primero (reutilización en EDAR urbanas)
- Reciclaje: ídem, pero cuando el agua es regenerada para ser incorporada al mismo primer uso (reutilización en industrias)



# Problemática de los ecosistemas acuáticos

- En muchos casos, situación de estrés debida a:
  - Disminución de los caudales naturales
    - Aumento de la demanda (urbana, agrícola)
    - Sequías periódicas
  - Vertidos de aguas residuales urbanas (efluentes secundarios, aguas sin tratar, aliviaderos de pluviales) e industriales
  - Contaminación difusa (nutrientes, pesticidas) de origen agrícola y ganadero
- Directiva Marco del Agua de la UE: demanda de un buen estado ecológico de las aguas naturales (¿la cuadratura del círculo en la España mediterránea?)
- Ejemplo: río Ter. Abastecimiento BCN: 8 m<sup>3</sup>/s; caudal mínimo deseable en desembocadura 4,4 m<sup>3</sup>/s; caudal real en desembocadura verano 2005: 0,3 m<sup>3</sup>/s



Río Ter en Torroella de Montgrí, julio de 1995, en período de sequía

# Potencial del agua regenerada en la restauración y/o recreación de ecosistemas

- Uso no consuntivo: volúmenes limitados (son finitos), pero predecibles y relativamente constantes
- Si no presenta vertidos tóxicos, la calidad original puede ser restituida, al menos en gran parte
- Apta para ser utilizada en la restauración y recreación de ecosistemas afectados por sequía y/o contaminación



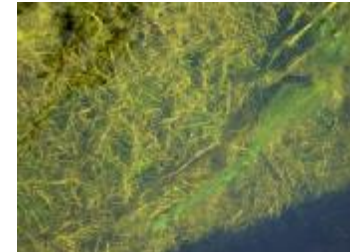
Agua producida por la planta de regeneración de agua de Blanes y empleada en la recarga superficial del acuífero del tramo inferior del río Tordera

Datos 2006 (valores de percentil 90 del conjunto anual de datos):

Nitrógeno total = 9,8 mg N/l (150 muestras)  
Fósforo total = 2,4 mg P/l (149 muestras)  
*E. coli* = 4 ufc/100 ml (120 muestras)

# Principales criterios para la reutilización en usos ambientales

- Cambio de paradigma en la depuración: los límites clásicos de 25 mg/l de DBO y 35 mg/l de MES son insuficientes
- Necesidad de nitrificación (+ desnitrificación, si es posible), para producir un agua que no genere una demanda de oxígeno en el medio



# Beneficios de la nitrificación

- El agua se mantiene transparente
- Permite el desarrollo de poblaciones de cladóceros, que siguen “limpiando” el agua
- Permite el desarrollo de algas filamentosas y de poblaciones de hidrófitos, que favorecen la oxigenación del sistema
- La desnitrificación es un proceso casi espontáneo -excepto en invierno, por bajas temperaturas-
- Aparecen redes tróficas que se construyen a partir de los nutrientes que estaban presentes en el agua



# Eliminación de fósforo

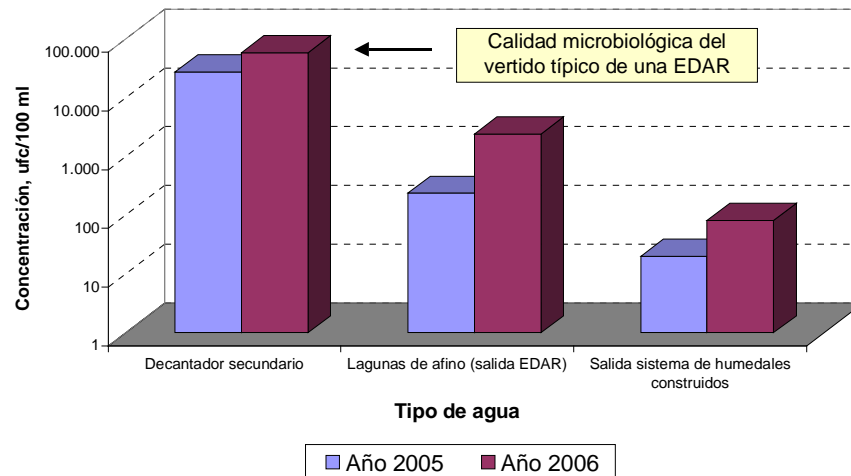
- Deseable, por lo que implica de menor riesgo de eutrofización
- A diferencia del nitrógeno, no se observa incidencia directa sobre ecosistema (p.e., desarrollo de poblaciones de cianobacterias)



# Desinfección

- Desinfección natural aportada por las poblaciones de organismos filtradores (cladóceros)
- Posibilidad de recontaminación del agua por las defecaciones de la fauna salvaje (en especial, aves)

CONCENTRACIONES DE COLIFORMES FECALES EN LA DEPURADORA Y EN EL SISTEMA DE HUMEDALES CONSTRUIDOS DE EMPURIABRAVA. MEDIAS GEOMÉTRICAS DEL CONJUNTO DE VALORES DE 2005 Y 2006.



# Detalles de diseño de un sistema de humedales construidos (I)

- Necesidad de sistemas para retener sólidos en exceso que puedan salir de la EDAR en un momento dado
  - “Trampas” de sólidos: Lagunas de sedimentación previas al humedal, fácilmente vaciables y limpiables
  - Tratamientos de filtración
  - Sondos en continuo (p.e., turbidez) con envío de señal a electroválvulas



Arrastre de fangos a la laguna de sedimentación de la EDAR de Empuriabrava, mucho más fácil de vaciar y limpiar que el sistema de humedales.

# Detalles de diseño de un sistema de humedales construidos (II)

- Zona de mayor profundidad y sin vegetación en el punto de entrega del agua depurada, para la retención de sólidos que pudieran escapar de la laguna de sedimentación
- Posibilidad de vaciado rápido:
  - Limpieza
  - Prevención de la expansión del botulismo



# Detalles de diseño de un sistema de humedales construidos (III)

- Líneas de tratamiento en paralelo
- Posibilidad de regulación independiente de los niveles de agua en las distintas líneas
- Posibilidad de by-pass de elementos
- Todo ello permite:
  - Mejor distribución cargas
  - Flexibilidad operativa
  - Evitar el botulismo!!



# Detalles de diseño de un sistema de humedales construidos (IV)

- Prever la necesidad de posibles controles de vegetación:
  - *Lemna* sp., que provoca anoxia del sistema. Imprescindible eliminarla cuando aparece!
  - Macrófitos (carrizo, espadaña) si llegan a densidades superiores a las deseadas o si bloquean la visión desde observatorios -en caso de utilización como puntos de observación de aves-



# Detalles de diseño de un sistema de humedales construidos (V)

- Potenciación de la biodiversidad:
  - Generar diversidad de ambientes (lagunas de distinta profundidad, setos, prados húmedos)
  - Regulación de los niveles de agua
  - Diseño de zonas para la protección / cría de especies amenazadas por la pérdida de hábitat -fartet (*Lebias ibera*), galápago europeo (*Emys orbicularis*), etc.-



# El sistema de humedales construidos de Empuriabrava

- Construido en 1998 en zona adyacente a la EDAR de Empuriabrava. Proyecto financiado por UE (80%) y CCB (20%):
  - Humedales construidos: 3 celdas de tratamiento de 0,8 ha cada una + laguna de poca profundidad de 4,5 ha
  - Estación de bombeo y tubería hasta Parc Natural dels Aiguamolls de l'Empordà (PNAE)
  - Puente peatonal sobre el río Muga: conexión urbanización de Empuriabrava con zona (PNAE)

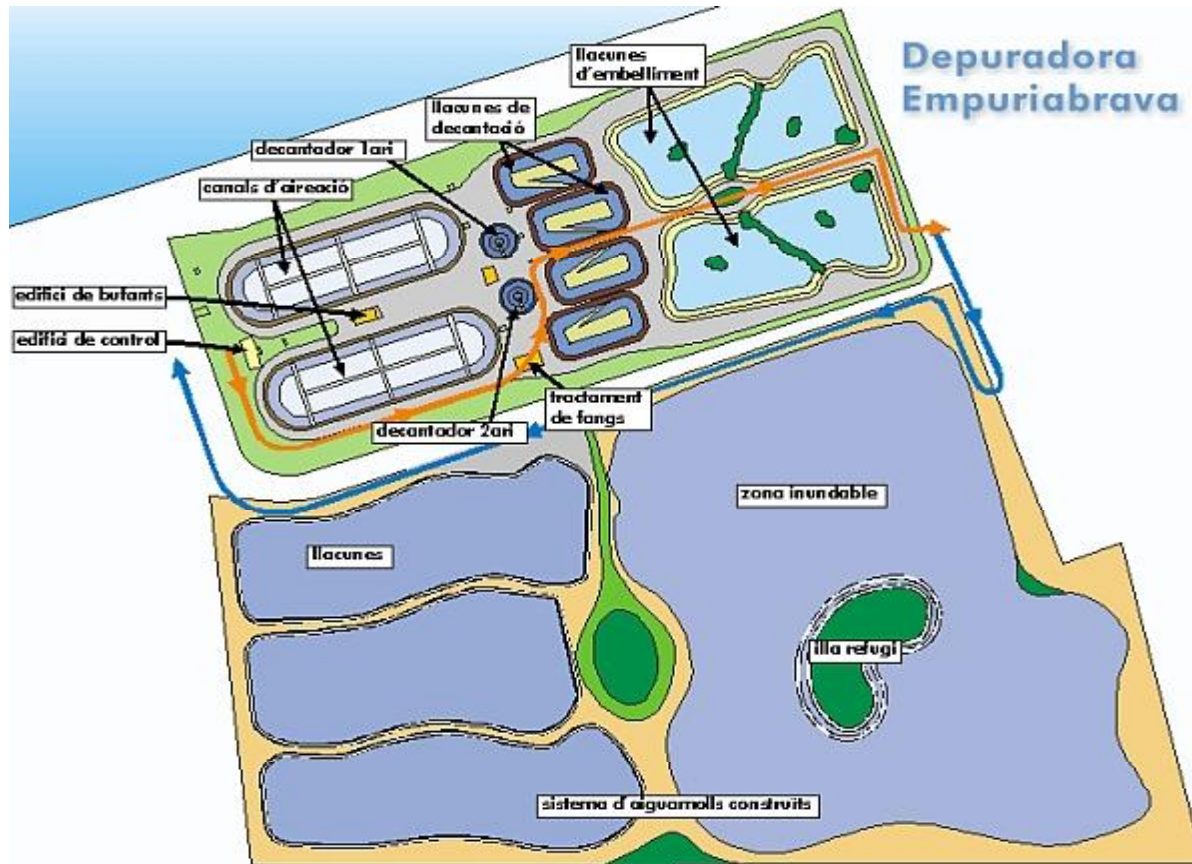


# Objetivos del proyecto

- Aportar agua a la laguna del Cortalet, para evitar desecación en los meses de verano o inundar prados alrededor de la Reserva Integral del PNAE
- Reducir vertidos al río Muga
- Evitar la eutrofización que podrían causar las aguas regeneradas en su punto de utilización en el PNAE si no hubiera una eliminación suficiente de nutrientes
- Potenciar el establecimiento y la naturalización de la flora y fauna acuáticas para conseguir una biodiversidad similar a la de los ecosistemas naturales más cercanos



# Esquema de las instalaciones



# Funcionamiento del sistema

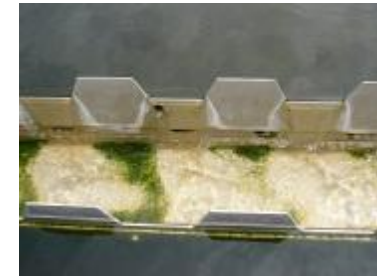
- 2000-2005: Aprovechamiento medio del 68 % del agua residual depurada (600.000 m<sup>3</sup>/año respecto a los 880.000 m<sup>3</sup>/año tratados por la EDAR ⇒ no vertidos al medio).
- Rendimientos:
  - Evaluados según la eliminación del nitrógeno inorgánico total (TIN)
  - Cargas de nutrientes (concentración x caudal) calculadas tanto por la entrada como para la salida del sistema
  - Eliminación entre el 70 y el 80 % de los kg de nitrógeno entrados en el sistema (aprox. 7.000 kg N en 2005)
  - Estimaciones sobre la eliminación del P indican gran variabilidad en los diferentes años (entre 5 y 70%, aprox. 2.300 kg P en 2005).

# El sistema de Empuriabrava como recreación de un humedal



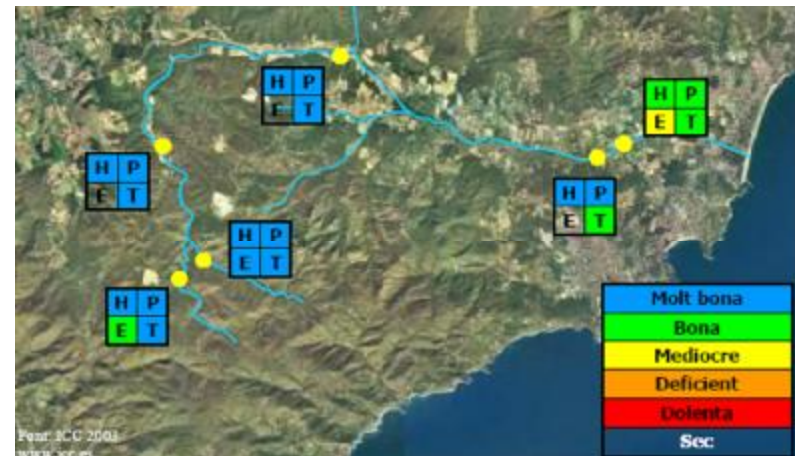
# El Parc de Sa Riera, Tossa de Mar

- Reconversión de antiguo vertedero en parque urbano gracias al uso de agua regenerada
- Aporte indirecto a la riera, evitando su desecación estival en el tramo final – reserva de macroinvertebrados y anguilas
- Actuaciones de mejora ecológica de la riera de Tossa basadas en el uso de agua regenerada



# La mejora de la gestión de los recursos en la cuenca del río Ridaura

- El aporte de agua potable procedente de la cuenca del río Ter y el desarrollo de la reutilización para usos de riego han restituido caudales naturales en el río Ridaura entre 6 y 9 meses/año
- La reutilización fuerza a la mejor explotación de la EDAR, que disminuye su impacto sobre medio receptor



# Conclusiones

- La próxima entrada en vigor de la DMA propiciará la aplicación de políticas encaminadas hacia la consecución del buen estado ecológico de las masas de agua naturales.
- El agua regenerada es un recurso que puede jugar un papel importante en la recreación y/o restauración de ecosistemas, así como en la reorganización de usos y demandas.
- En el ámbito del CCB existe experiencia práctica sobre cómo integrar la reutilización del agua para la mejora de los ecosistemas acuáticos de la Costa Brava.

Gracias por la atención!!



Foto panorámica: Ruud Kampf (<http://www.waterharmonica.nl>)

