



# **Los humedales artificiales como instrumentos para la mejora ambiental en el medio natural y en el ámbito urbano**

**Miguel Martín Monerris**

**Carmen Hernández Crespo**

**Instituto de Ingeniería del Agua y del Medio Ambiente**

**Universitat Politècnica de València**

# La gestión de las aguas residuales urbanas.

## Apuntes históricos

¿Son un problema?



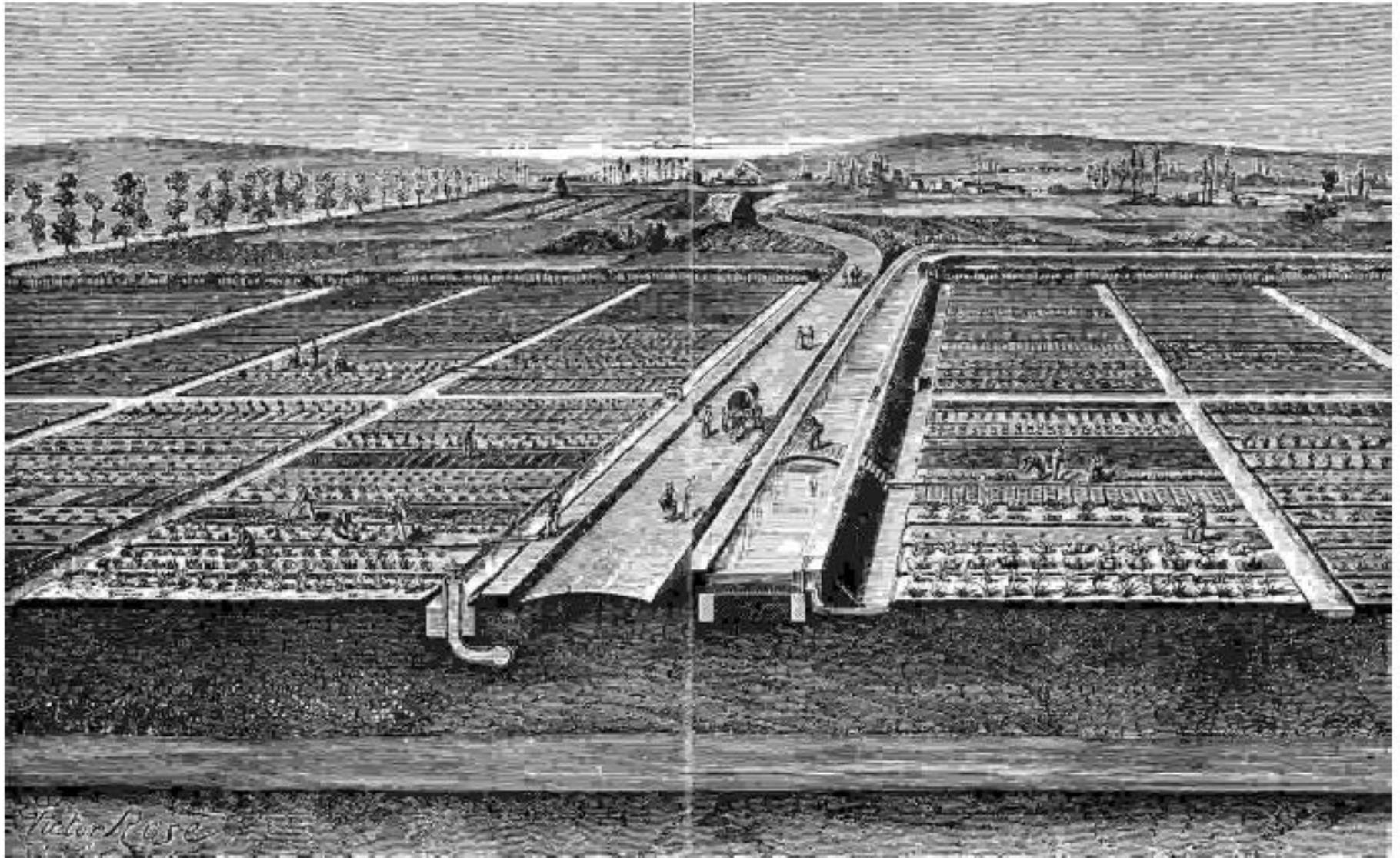
a mediados

# La gestión de las aguas residuales urbanas.

## Apuntes históricos

- Y ¿entonces? ¿qué hacer con el agua?
  - Ríos. Mar. Dilución como “tratamiento”.
  - La primera tecnología de bajo coste: Aprovechamiento agrícola: Los “champs d’épandage”
  - Segunda tecnología de bajo coste: filtración intermitente (natural/artificial)
  - Evolución hacia filtros percoladores en 1897.
  - Tratamientos químicos con cal, permanganato potásico...
  - En 1914 Arden y Lockett (UK) descubren el funcionamiento de los sistemas biológicos mediante fangos activados.
  - Desarrollo de las depuradoras que conocemos hoy a partir de mediados de 1970.

# Los “champs d’épandage”: Filtros Verdes



# La depuración en España (I)

- La preocupación por las condiciones sanitarias se lleva a debate a finales del XIX.
- Saneamiento mínimamente aceptable desde mediados del XX.
- Reutilización agrícola. Generalizada (Barcelona, 1886; Valladolid, 1891; Valencia, Castellón... (red de acequias).
- Zonas de infiltración intermitente: Buitrago (Madrid, 1912, Canal de Isabel II).:
  - Gravas y arenas gruesas. Un metro de espesor.
  - 40000 – 350000 m<sup>3</sup>/ha año; 0.3 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup> d hasta 3 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup> d
  - 5121 m<sup>2</sup> para 600 vecinos (50 m<sup>3</sup>/d, 75 l/hab día, 8.5 m<sup>2</sup>/hab).
- Pozos “ciegos”: pozos de infiltración.
- Años 1920-30 primeras depuradoras con filtros percoladores en Palencia, León, Madrid (“La China”, 1934).

## La depuración en España (II)

- En 1964. Plan nacional de abastecimiento y saneamiento.
- Primeras actuaciones planificadas en Costa Brava (1971) y Baleares (1972).
- Actuaciones puntuales en Valencia, Burgos, Vitoria...
- Barcelona: físico-químico más emisario submarino.
- Madrid: lechos bacterianos.
  
- Actuaciones sistemáticas a partir de mediados de los años 80 (Ley de Aguas, 1985).
- Promoción del lagunaje en zonas cálidas. Reconversión posterior por mal “funcionamiento” (mal diseño).

## La depuración en España (III)

- Aprobación de la Directiva 91/271. Elaboración del Plan Nacional de Depuración en 1995.
- A raíz de las experiencias anteriores se cuestionó si las tecnología de “bajo coste” serían capaces de cumplir la Directiva: se tiende a tecnologías intensivas.

# La depuración de ARU a gran escala



## La depuración en España (IV)

- Grado de cumplimiento de la Directiva 91/271 desigual entre comunidades autónomas.
- Quedan por resolver pequeños núcleos rurales: pueblos, urbanizaciones (2ª residencia), instalaciones turísticas, actividades agropecuarias...

### **COMUNIDAD VALENCIANA (2016)**

<http://www.epsar.gva.es/sanejament/Fichas/Menu-Fichas.aspx>

- Cobertura del 99,9% de la población y 94,28% de los municipios.
- Quedan 31 municipios por resolver (5071 empadronados a 1/1/2015).
- Cumplimiento de 91/271 del 98,7%.
- Faltan muchas urbanizaciones (“segundas residencias”).

# Hacia dónde vamos. Sistemas descentralizados.

- El agua residual se transporta y trata cerca de su origen.
- Las bases del tratamiento son las mismas que en las grandes EDAR, pero se emplean tecnologías diferentes.
- Auge en EEUU asociado a la falta de fondos para financiar grandes obras.
- Búsqueda de soluciones que optimicen la relación coste-beneficio.
- Cubren las necesidades del 25% de la población de EEUU (2000) y el 37% de los nuevos desarrollos.
- La historia de la gestión del agua residual en EEUU tiene una tendencia circular.

# Hacia dónde vamos.

- En 2010 la ONU estableció el abastecimiento de un agua limpia como uno de los derechos humanos.
- Objetivo Desarrollo Sostenible. 6.3. “Mejorar la calidad del agua, reducir la contaminación, eliminar los vertidos peligrosos, reducir a la mitad el porcentaje de aguas residuales no tratadas y aumentar sustancialmente el saneamiento y la gestión segura del agua”
- 663 millones de personas no tienen de suministro accesible de agua sanitaria
- 1 de cada 3 personas utilizan una fuente de agua contaminada.
- La población sin saneamiento adecuado se sitúa en unos 2500 millones. No se habrá alcanzado ni la mitad del objetivo fijado en 2000.
- La crisis del abastecimiento y saneamiento es la crisis de la pobreza:
  - Más de 660 millones viven con menos de 2\$/día.
  - Más de 385 millones con menos de 1\$/día..

# Hacia dónde vamos.

- Día mundial del agua: 22 de marzo.
- Lema 2017: “Aguas residuales, ¿por qué desperdiciar agua?”
- Lema 2018: “La respuesta está en la naturaleza”
  
- Más del 80% del agua residual se vierte sin tratamiento, principalmente en países en vías de desarrollo.
- En 2050 el 70% de la población mundial vivirá en ciudades (en la actualidad el 50%).
- RIESGO:
  - Foco de los gobiernos en las grandes poblaciones.
  - Menos recursos para zonas rurales.
  
- Necesidad de soluciones de saneamiento sostenibles. Buscar respuestas en “soluciones basadas en la naturaleza”.

# Premisas para un buen saneamiento.

- La mejor agua residual tratada es la que no se produce.
- Ahorrar agua.
  - Riesgo de incrementar el consumo de agua si la calidad sea mejor y los hábitos cambian.
  - España: 120-150 l/hab y día.
- Construir una buena red de saneamiento (separativa).
- Mantenerla.
- ¡¡Mantenerla con lo que se lanza!!
- Sustancias tóxicas. Residuos sólidos

Tratar agua de lluvia nos cuesta 2,53 MM € (estimación EPSAR 1er trimestre 2017)

El monstruo de las cañerías.

Foto: Emasesa

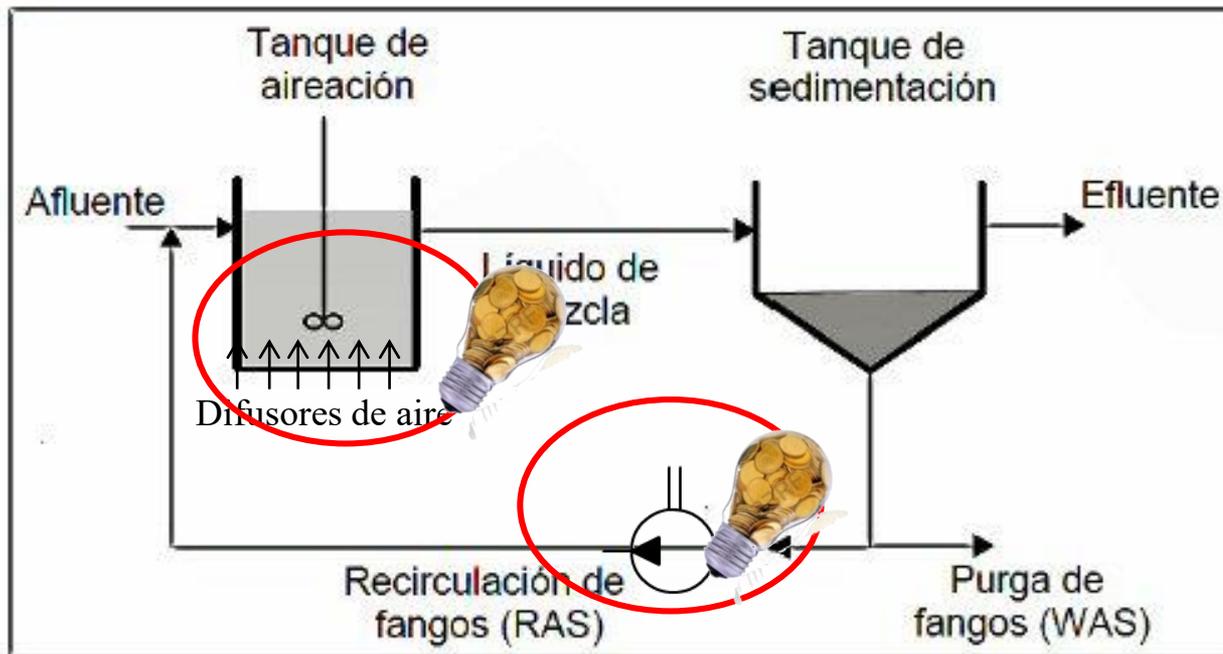


# Tecnologías de “bajo coste” vs Tecnologías “accesibles”

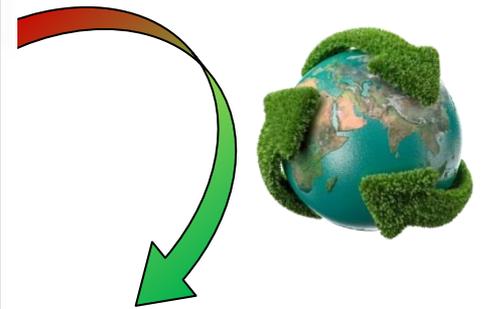
## Fundamento:

- Minimizar el coste energético de los sistemas de tratamiento de aguas, respecto a sistemas convencionales.
- Simplificar el mantenimiento.
- Evitar costosas reparaciones, repuestos, etc.

Cómo?



Esquema básico de sistema convencional de fangos activados



- Superficie
- Plantas
- Aprovechando desnivel

# Tecnologías de bajo coste

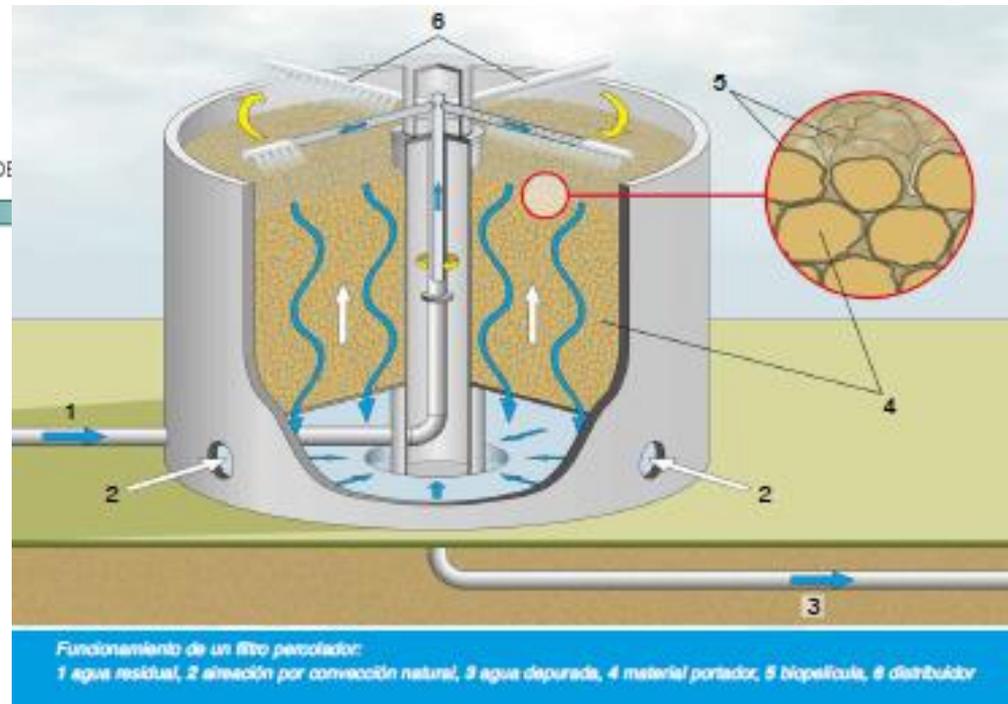
## Tipos:

- Biodiscos. Biocilindros. Filtros percoladores.
- Lagunajes: anaerobios, aerobios, facultativos.
- Lechos de turba.
- Filtros verdes.
- Humedales artificiales.

E.D.A.R. BULLAS

**Bullas (Murcia).** Caudal de diseño: 6.500 m<sup>3</sup>/día.

Población: 26.620 habitantes.



# Humedales Artificiales



El agua a tratar circula en parcelas con vegetación propia de zonas húmedas.

**¿Etapa sedimentación previa?**

Fosa séptica, tanque Imhoff.

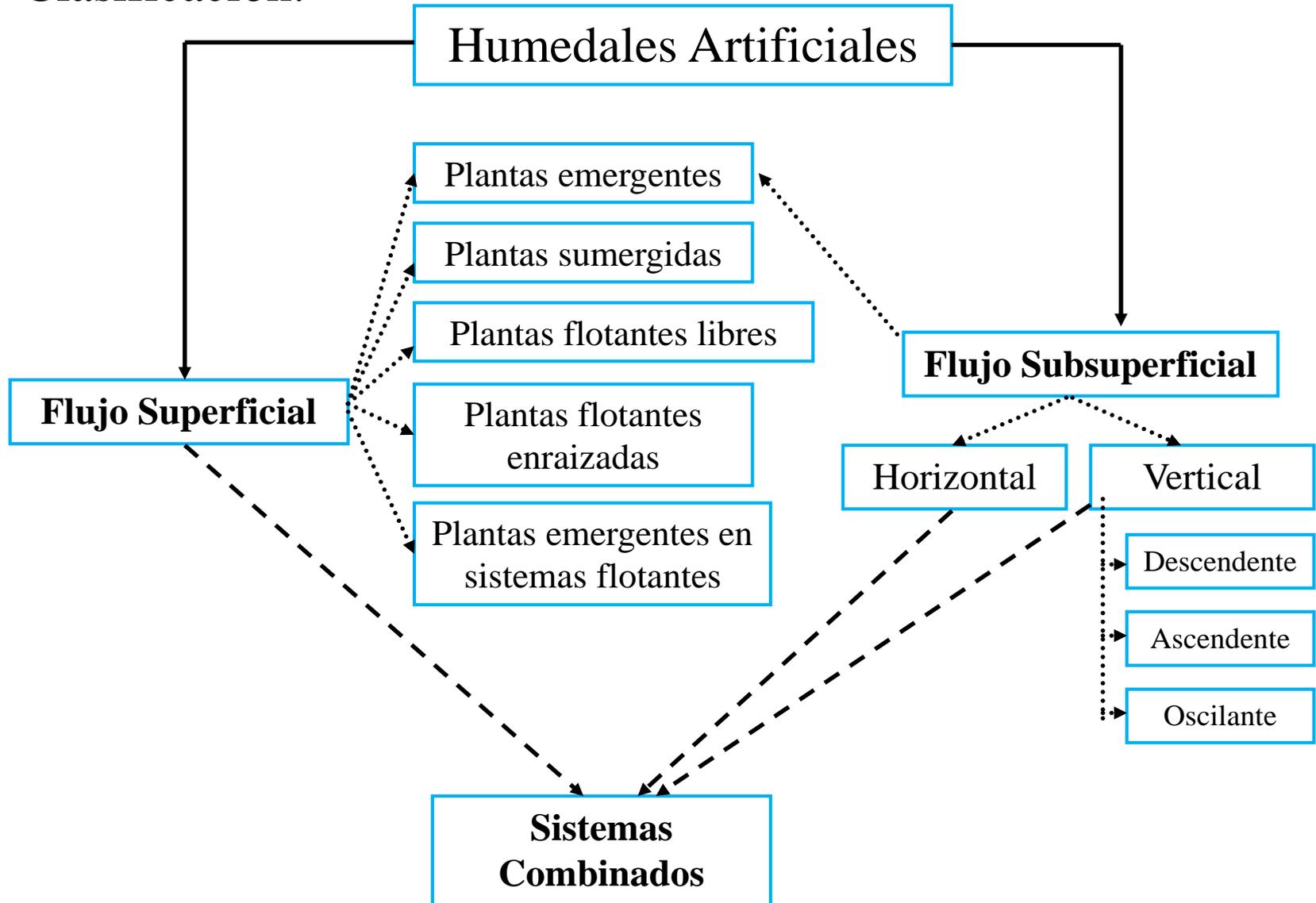
Los contaminantes del agua se reducen mediante los mecanismos físicos-químicos-biológicos propios de humedales naturales:

- Sedimentación.
- **Biodegradación aerobia/anaerobia de la materia orgánica. BACTERIAS.**
- Nitrificación/desnitrificación.  
BACTERIAS.



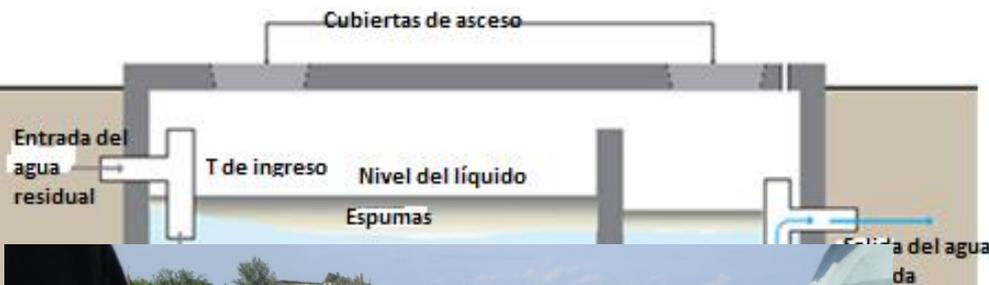
# Humedales Artificiales

- Clasificación:

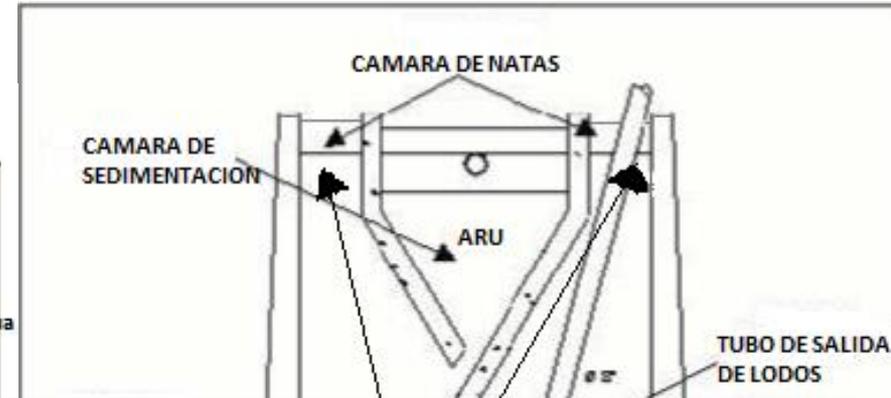


# Humedales Artificiales

- Fosa séptica



- Tanque Imhoff.



# Humedales Artificiales

- Aplicaciones:
  - Sistemas de tratamiento secundario para pequeñas poblaciones (<500 he).
  - Sistemas de tratamiento terciario de ARU:
    - Nutrientes: nitrógeno y fósforo.
    - Metales pesados.
    - Contaminantes emergentes.
  - Sistema de renaturalización biológica de efluentes tratados.
  - Tratamientos específicos:
    - Aguas naturales eutrofizadas
    - Aguas de drenaje de minas
    - Efluentes agroalimentarios
    - Aguas de drenaje agrícola
    - Escorrentías de carreteras, urbanas
    - Deshidratación de fangos...

Tancats de la Pipa,  
Milia, L'Illa, PN  
l'Albufera de Valencia

# Humedales Artificiales

- Ventajas:
  - Sencillez constructiva: excavaciones, rellenos de gravas, impermeabilizaciones y redes de tuberías.
  - Bajos costes de operación y mantenimiento (**no coste cero**):
    - No hay costes energéticos asociados a la aireación.
    - Tareas de mantenimiento sencillas; asimilables a prácticas agrícolas.
    - Instrumentación reducida: caudalímetros.
  - Buena asimilación de variaciones de cargas de entrada: elevado tiempo de residencia hidráulico; configuración de RFP.
  - Rendimientos suficientes para SS, DQO, DBO<sub>5</sub> en vertido a DPH.
  - Indicado para núcleos rurales dispersos: evita costosas redes de saneamiento a sistemas centralizados.

# Humedales Artificiales

- Servicios ecosistémicos:
  - Integración paisajística, ambiental y social en el medio natural:
    - Creación de nuevos hábitats o recuperación de hábitats degradados.
    - Recuperación de especies.
    - Creación de áreas de esparcimiento y recreo.
    - Potenciación de turismo ecológico (observación de aves).
    - Marco para potenciar la educación ambiental.
  - Reutilización de las aguas tratadas.
  - Captura de CO<sub>2</sub>.
  - Producción de biomasa para construcción.



La tortuga del HA de Carrícola.

Foto: Adelino Pastrana

# Humedales Artificiales

- Inconvenientes:
  - Muy poca flexibilidad operativa: pocas opciones de actuación en la planta frente a cambios en las condiciones de entrada.
  - Elevada necesidad de superficie (2-7 m<sup>2</sup>/he).
  - Rendimientos insuficientes para N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup>: limitada nitrificación.
  - Riesgo de colmatación por raíces y sólidos en suspensión.
  - Costes de la impermeabilización, las gravas sustrato y el vallado del recinto (gran superficie/elevado perímetro).

# Humedal Artificial de Flujo Superficial



- Celdas excavadas en el terreno.
- Impermeabilización.
- Long/anchura: 2:1-3:1.
- Calados 20-50 cm.
- Tratamientos terciarios: eliminación de N, metales pesados...
- Renaturalización de efluentes.

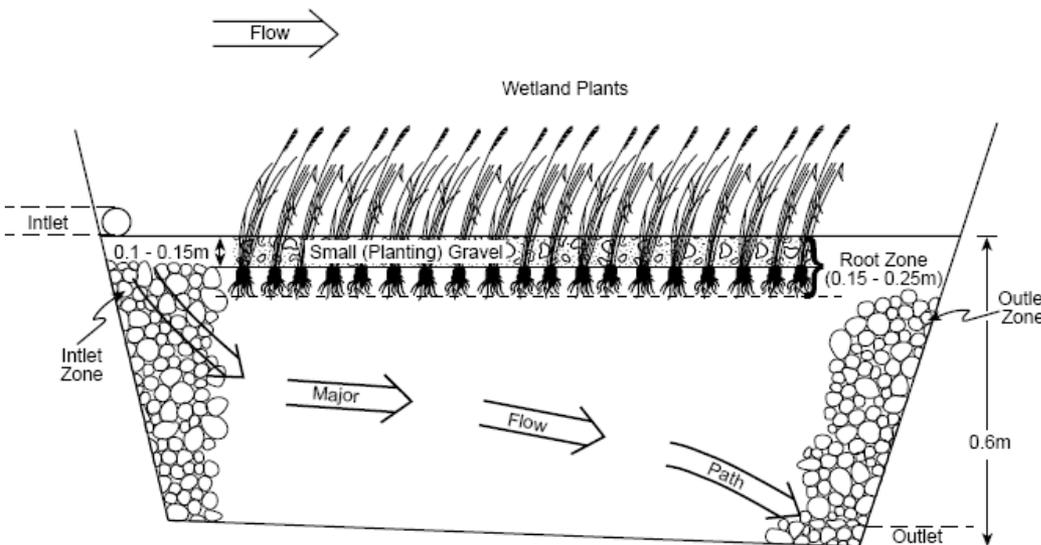
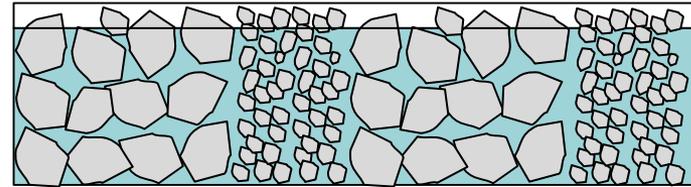
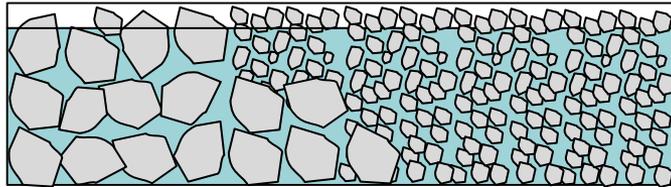


# Humedal Artificial de Flujo Subsuperficial Horizontal

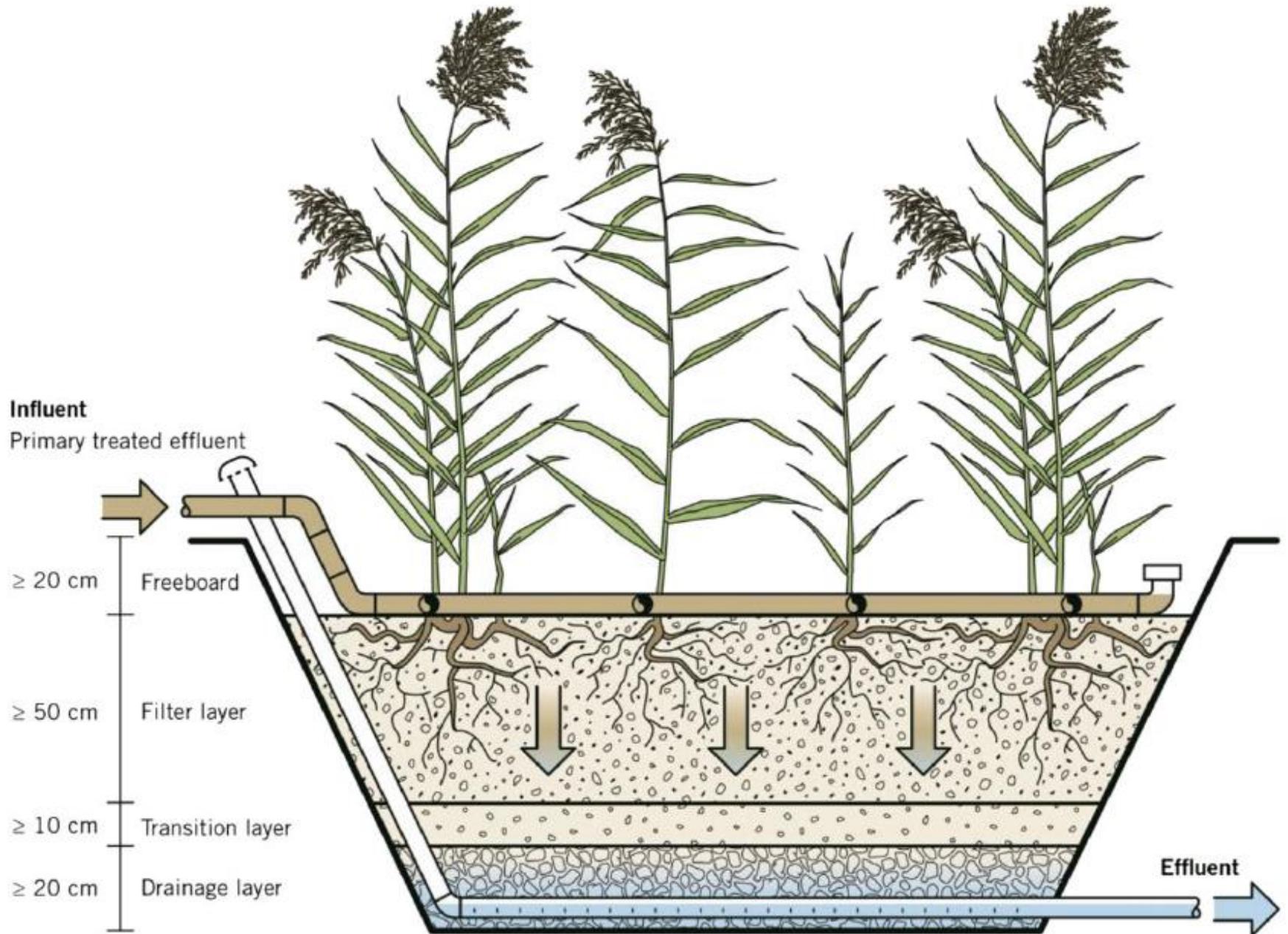
- Circulación del agua en medio poroso. El agua no se ve en superficie.
- Caudal determinado por el gradiente hidráulico y la conductividad hidráulica del lecho. Ley de Darcy.
- Sustrato de gravas. 40-50 cm.
  - Medio de enraizamiento de las plantas.
  - Facilita la distribución del caudal (cuanto más pequeña, mejor).
  - Aumenta la superficie para la fijación de bacterias.
  - Filtra/atrapa partículas.

# Humedal Artificial de Flujo Subsuperficial Horizontal

- Sustrato de gravas: problemática asociada a la distribución de flujo (colmatación por raíces, sólidos sedimentados y biopelícula).
  - Diámetro medio granular: 5-15 mm.
  - Cambios en el diámetro de inicio a fin y/o intermedios (favorecer redistribución).

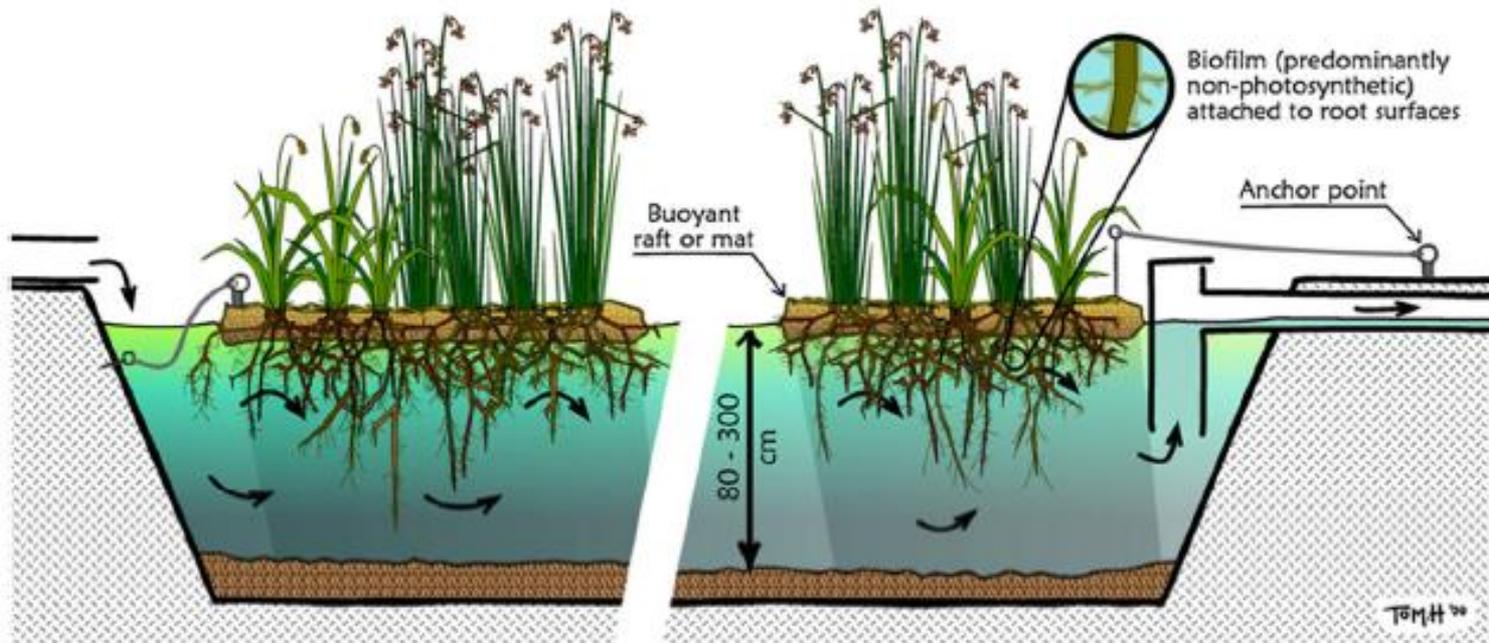


# Humedal Artificial de Flujo Subsuperficial Vertical



# Humedal Artificial de Helófitas en Flotación (I)

- Carrizo o eneas sobre un soporte flotante.
- Evitan problemas de colmatación del sustrato.



Fuente: Headley y Tanner (2012)

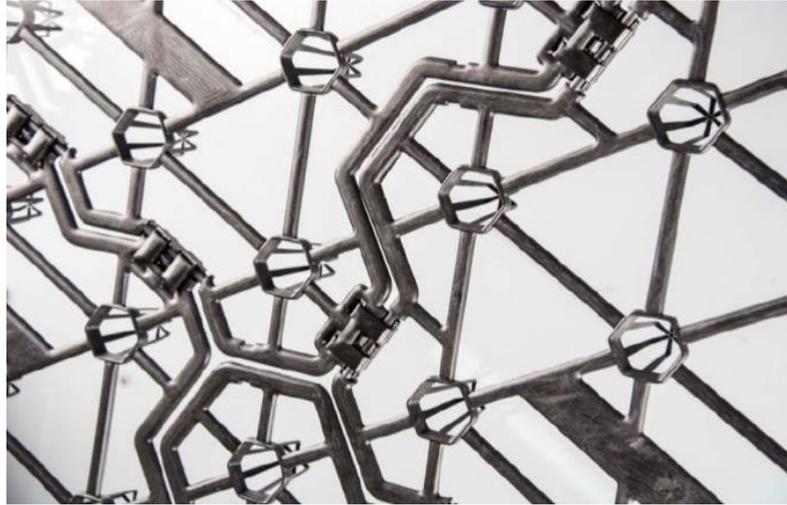
## Humedal de Helófitas en Flotación (II)

- Aplicaciones:
  - Aguas de lluvia.
  - Canales contaminados.
  - Descargas de colectores unitarios.
  - Drenajes ácidos de minas.
  - Mejora de aguas en embalses para abastecimiento.
- Inconvenientes:
  - Es fundamental cosechar ya que su descomposición puede empeorar la calidad del agua
  - Difícil de cosechar si se realiza en grandes superficies.
  - Si la planta muere por alguna plaga el sistema queda sin función.
  - Existen pocas experiencias a escala real.
  - Coste

# Humedal de Helófitas en Flotación (III)

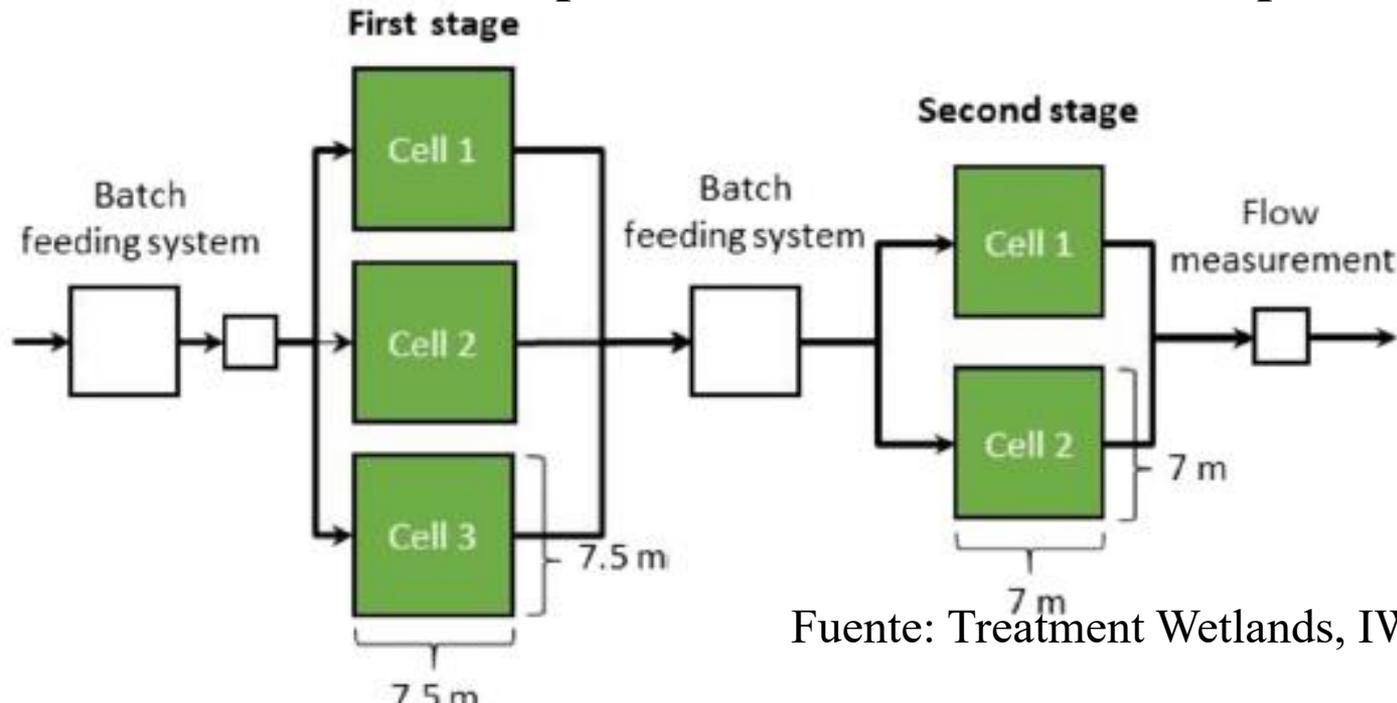
- Medios soportes:
  - Estructuras de plástico

Fuente: Ogesa



# Humedales “Intensificados”

- Aireación artificial. Nitrificación.
- Sustrato adsorbente de fósforo.
- Sistemas verticales parcialmente inundados. Desnitrificación.
- Sistemas en serie con recirculación recíproca. Alta carga de materia orgánica.
- Humedales evaporativos.
- Sistema Francés: 2 etapas verticales sin tratamiento primario.



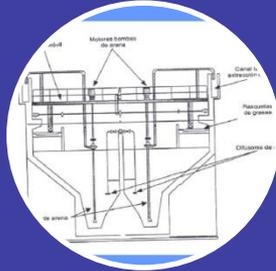
Fuente: Treatment Wetlands, IWA (2017)

# Humedal Artificial de Flujo Subsuperficial

- Aplicaciones habituales:
  - Tratamiento secundario.
- Esquema de tratamiento habitual:



Rejas desbaste



Desarenador



Tanque Imhoff  
(Decantador /  
Digestor)



Humedal  
Artificial



Desinfección:

- Lagunas.
- HA superf.
- Filtros arena

Aliviadero

# Humedal Artificial de Flujo Subsuperficial. **Diseño**

- **Diseño** → Etapas:

Muy importante disponer de una buena caracterización (existencia fugas).

Cálculo del caudal.

Cálculo de la carga orgánica.

Resultado del Tanque Imhoff.

Cálculo de la superficie de humedal artificial a partir de la carga orgánica.

Cálculo hidráulico: determinación de la longitud y la anchura de las celdas del humedal.

Estimación de superficie total necesaria.

Estimación de costes.

# Humedal Artificial de Flujo Subsuperficial. Diseño

## Cálculo del caudal.

- Caudal de abastecimiento
  - 150-250 L/hab/d
  - 80-100 L/hab/d en poblaciones pequeñas
- Determinaciones in situ.
- Cálculo de caudales medios y punta, diarios y horarios.
  - No hay efecto de laminación en la red de saneamiento.
- Gestión de pluviales.
- **Importante una buena red de saneamiento**

## Cálculo de la carga orgánica.

- 40-65 g DBO<sub>5</sub>/hab día.
- 85 g DQO/hab día.

# Humedal Artificial de Flujo Subsuperficial. Diseño

## Cálculo de la superficie de humedal artificial a partir de la carga orgánica.

- Superficie Humedal 
$$S = \frac{Q}{k_A} \ln \left[ \frac{DBO_{5,0} - DBO_5^*}{DBO_{5,1} - DBO_5^*} \right] \quad k_A = k_v \cdot \phi \cdot h$$
  - S (m<sup>2</sup>): superficie de humedal artificial.
  - Q (m<sup>3</sup>/d): caudal medio diario.
  - k<sub>A</sub> (m/d): constante de velocidad de biodegradación de la materia orgánica en medio poroso (0.08 m/d).  

Si el objetivo es eliminar NT hacer cálculo con k<sub>A</sub> = 0.025 m/d
  - DBO<sub>5,0</sub>: Demanda biológica de oxígeno en la entrada (mg/l).
  - DBO<sub>5,1</sub>: Demanda biológica de oxígeno en la salida (mg/l).
  - DBO<sub>5</sub>\* (mg/l): concentración de fondo 5-10 mg/l.
  - φ: porosidad (0.30-0.45).
  - k<sub>v</sub> (d<sup>-1</sup>): constante de velocidad de biodegradación.  $K_v = K_{20} \cdot \theta^{T-20}$ .
    - Para DBO5 → k<sub>20</sub> = 1,1 d<sup>-1</sup> y θ = 1,06.
    - Para NH4 → k<sub>20</sub> = 0,019 + 0,39 · h<sub>rizo</sub><sup>2,61</sup> y θ = 1,048.
  - h (m): profundidad del lecho (0,3-0,6).
- Verificar: carga orgánica superficial < 6 g DBO<sub>5</sub>/m<sup>2</sup>d.

# Humedal Artificial de Flujo Subsuperficial. Diseño

Cálculo hidráulico: determinación de la longitud y la anchura de las celdas del humedal.



- Cálculos hidráulicos: cálculo de la sección.

$$Q = k_s \circlearrowleft A_s \circlearrowright s$$

- $Q$  ( $\text{m}^3/\text{d}$ ): caudal máximo diario.
  - $k_s$  ( $\text{m}^3/\text{m}^2 \text{ d}$ ): conductividad hidráulica.
  - $A_s$  ( $\text{m}^2$ ): sección del humedal en la dirección perpendicular al flujo.
  - $s$ : gradiente hidráulico ( $\text{m}/\text{m}$ ).
- Elección del material de soporte.
  - Calado,  $h$ : 0.3 - 0.5 m.
  - Cálculo de la anchura de la celda:  $W = A_s/h$
  - Longitud:  $S/W$
  - Relación de aspecto (longitud:anchura): 1:1 – 3:1

# Humedal Artificial de Flujo Subsuperficial. Diseño

<b>Caudal (m3/d)</b>	<b>115</b>	<b>SS (mg/l)</b>	<b>425</b>	<b>DQO (mg/l)</b>	<b>680</b>
<b>h.e.</b>	<b>850</b>	<b>DBO5 (mg/l)</b>	<b>450</b>		

<b>TECNOLOGÍA</b>	<b>HUMEDALES ARTIFICIALES</b>			<b>MACRÓFITAS EN FLOTACIÓN</b>			<b>DEPURACIÓN BIOLÓGICA SECUENCIAL</b>
<b>Empresa</b>	<b>Optimia</b>	<b>Sedaqua</b>	<b>Ecodena</b>	<b>Lotus Filter</b>	<b>Hidrolution</b>	<b>GT Tech</b>	<b>Tradesur</b>
<b>Caudal (m3/día)</b>	<b>130</b>	<b>115</b>	<b>115</b>	<b>115</b>	<b>115</b>	<b>115</b>	<b>115</b>
<b>Rto elim. SS (%)</b>	<b>96,61</b>	<b>96,5</b>	<b>90</b>	<b>92-97</b>	<b>92</b>	<b>95</b>	<b>&gt;93</b>
<b>Rto. elim. DBO (%)</b>	<b>94,88</b>	<b>95</b>	<b>95</b>	<b>90-96</b>	<b>94,5</b>	<b>95</b>	<b>&gt;97</b>
<b>Rto. elim. Nt (%)</b>	<b>90,89</b>	<b>60</b>	<b>-</b>	<b>85-90</b>	<b>30-60</b>	<b>80</b>	<b>&gt;55</b>
<b>E.Coli (ufc/100 ml)</b>	<b>-</b>	<b>1-2</b>	<b>-</b>	<b>&lt;100</b>	<b>90-99</b>	<b>-</b>	<b>3 · 10<sup>2</sup></b>
<b>Consumo específico (kWh/m3)</b>	<b>0</b>	<b>0,113</b>	<b>0</b>	<b>0,036-0,047</b>	<b>0,24</b>	<b>0,4375</b>	<b>0,35</b>
<b>Superficie específica (m2/h.e)</b>	<b>1,89</b>	<b>1,22</b>	<b>1</b>	<b>1-2</b>	<b>1,65</b>	<b>1,80</b>	<b>0,20</b>
<b>Coste implantación (€/h.e.)</b>	<b>466</b>	<b>304</b>	<b>146</b>	<b>176-294</b>	<b>342</b>	<b>196</b>	<b>142</b>
<b>Coste operación (€/m3)</b>	<b>0,055</b>	<b>0,206</b>	<b>0,152</b>	<b>0,09-0,32</b>	<b>0,18</b>	<b>0,315</b>	<b>0,34</b>

# Vegetación. Macrófitas acuáticas: Hidrófitos e higrófitos.

Carrizo (*Phragmites australis*) (senill)



Juncos (*Scirpus holoschoneus*) (joncs)



Lirios (*Iris pseudacorus*) (lliri groc)

Enea (*Typha latifolia*) (boga)



## Vegetación. Macrófitas acuáticas: Hidrófitos e higrófitos.

- Funciones. Más o menos útiles en función de los objetivos:
  - **Soporte de fijación y desarrollo de algas y bacterias.**
  - Reducción de la radiación luminosa sobre las superficie (HFS).
  - Reducción de las turbulencias del viento (HFS).
  - Aporte de oxígeno desde el sistema radicular (poco relevante).
  - Absorción de nutrientes, metales pesados...
  - Ornamentales. Integración paisajística y ambiental.
  - Generación de hábitats: alimentación, refugio de aves...
- Tipos:
  - Helófitos: macrófitas emergentes. Capaces de desarrollarse sobre sustratos anaerobios.
  - Macrófitas flotantes.
  - Macrófitas sumergidas.
- Densidad de plantación: 1-5 plantas/m<sup>2</sup>.

## Macrófitas flotantes



Jacinto de agua  
(*Eichhornia crassipes*)

Foto: J. Vymazal



Lenteja de agua  
(*Lemna sp.*)

Foto: J. Vymazal

## Macrófitas sumergidas



*Ceratophyllum demersum*



*Myriophyllum spicatum*



*Potamogeton pectinatus*

Fotos: Fundación Global Nature. Manual de gestión vegetación LIFE ALBUFERA

## Humedales artificiales en la naturaleza

- SAC (Sistema d'aiguamolls construïts) de la EDAR de Empuriabrava.
- Humedales Artificiales del PN de l'Albufera de Valencia (LIFE Albufera).
- Humedales Artificiales del Delta de l'Ebre (LIFE Admiclim).
- Objetivos:
  - Mejorar la calidad del agua.
  - Crear hábitats.
  - Mejorar la biodiversidad:

# Humedales artificiales en la naturaleza

- Humedales Artificiales del PN de l'Albufera de Valencia.
- Desde 2009, Tancat de la Pipa (CI)
- Desde 2012, Tancat de Milia, L'Il
- Proyecto LIFE12 ALBUFERA (20
- [www.lifealbufera.org](http://www.lifealbufera.org)
- Aguas eutróficas del lago.



# Humedales artificiales en la naturaleza

- SAC (Sistema d'aiguamolls construïts) de la EDAR de Empuriabrava.



# 4GWetlands, Tampa, Florida (CH2M Hill)

- [https://www.youtube.com/watch?v=NR\\_Yn1VR1F4](https://www.youtube.com/watch?v=NR_Yn1VR1F4)
- Tipo superficial.
- Restauración de una zona degradada.
- Superficie: 69 ha
- Caudal: 1890 m<sup>3</sup>/día
- (CHS 27,5 l/m<sup>2</sup> d).
- Recarga de acuíferos.



# AGUAS NATURALES. MEJORA DE LA CALIDAD AMBIENTAL

## Lagunas artificiales del Mijares (margen izqda.)

- Influyente desde la EDAR de Almassora.



# Lagunas artificiales del Mijares (margen izqda.)



# Integración paisajística. Aceptación social.



# ESCORRENTÍAS URBANAS

Los humedales artificiales en el contexto urbano:  
Humedales de Tormenta (*Stormwater Wetlands*).

# Problemas en las redes de saneamiento

- Impermeabilización de las ciudades.
- Inundaciones



- Ruptura del ciclo hidrológico: ausencia de recarga de acuíferos, aportes menos difusos a los cauces naturales, cambios en las rutas del agua...

## Problemas en los cauces receptores

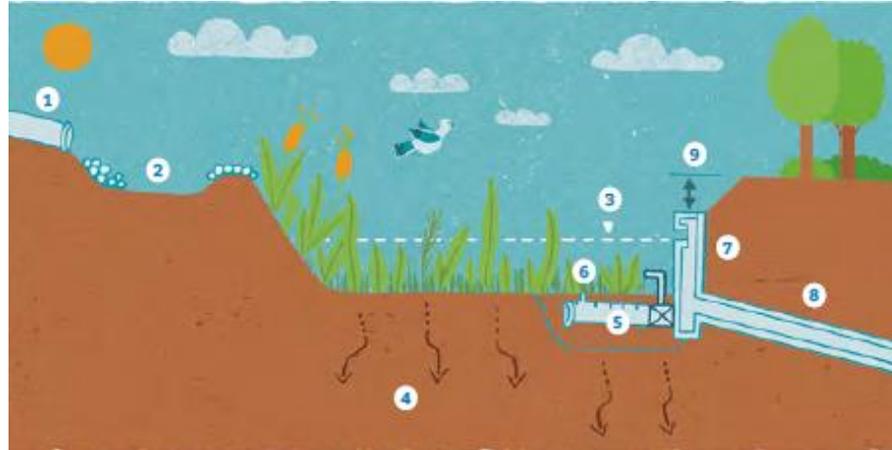
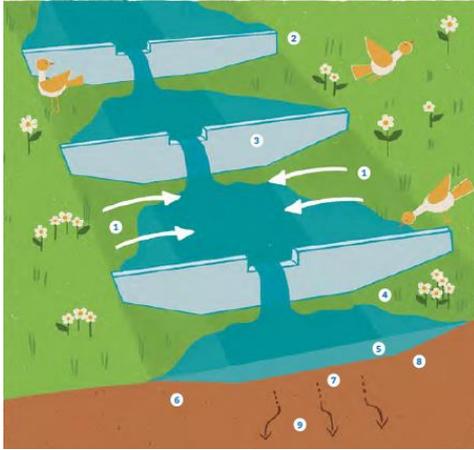
- Calidad de las aguas de escorrentías más que discutibles.



# Sistemas Urbanos de Drenaje Sostenible.

Cunetas vegetadas

Balsas de retención-infiltración



Aljibes

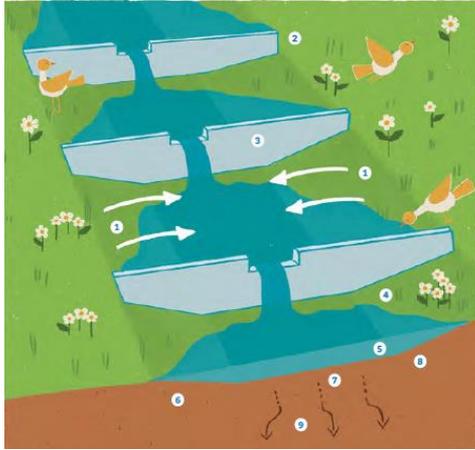
Pavimentos permeables

Cubiertas verdes



# Sistemas urbanos de Drenaje Sostenible.

## Cunetas vegetadas



# Balsas de retención-infiltración

- Integradas en el paisaje urbano: jardines, glorietas...



# Balsas de retención/infiltración

- Integradas en el medio natural.



Recarga de acuíferos

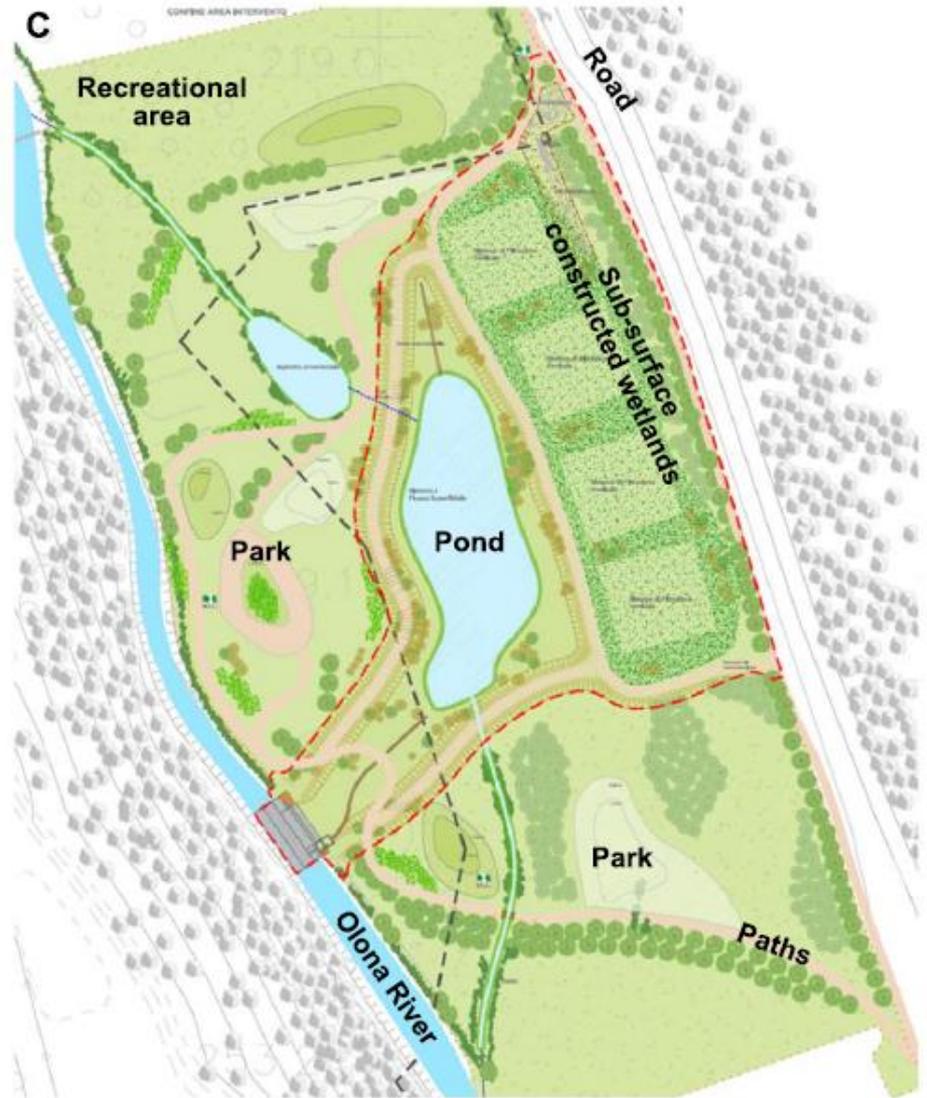
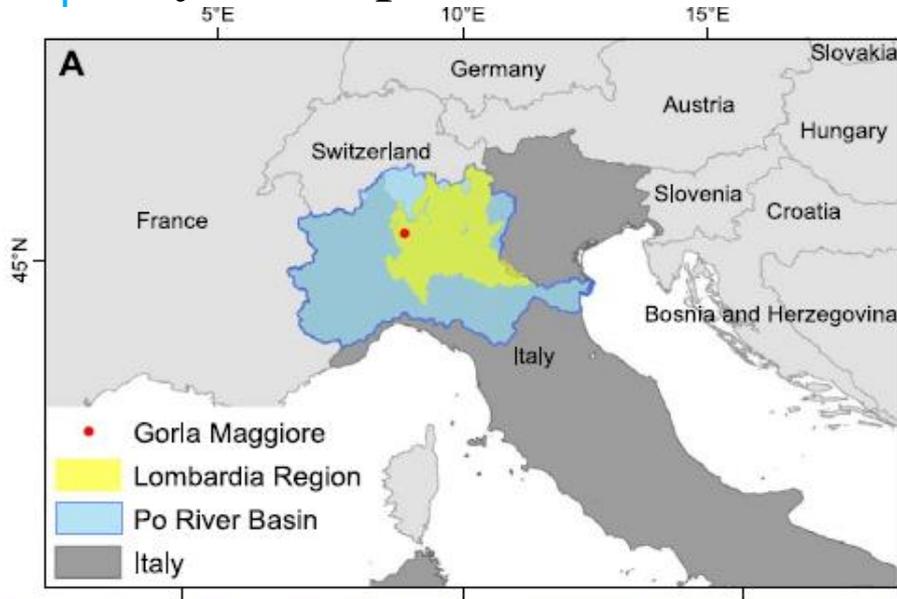
Fuente: J. S. Bays (2016), Jacobs Engineering.

8000 m<sup>2</sup>

0,035 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup> d



# Proyecto OpenNess, FP7; Gorla Maggiore (Liquete, C. et al, 2016)



# Marcy Etoile - Lyon (2012-2013). Francia. SINT-EPURNATURE

- Escorrentía urbana. Tipo superficial.
- Carga hidráulica: 40 – 80 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup> año. Superf: 530 m<sup>2</sup>.
- Filtración y drenaje a cauce receptor.



# Humedales artificiales urbanos

Postdamer Platz, Berlín (1994-98). Humedales superficiales urbanos.

- Escorrentía urbana almacenada en cisternas.
- Laguna urbana naturalizada, riego, antiincendios, limpieza de aseos públicos.



## Temas para debate

- ¿Plantar o no plantar? ¿Es un engorro la gestión de la biomasa?
- ¿Realmente son tecnologías de bajo coste?
- ¿Es posible no reproducir los malos hábitos en los lugares de implantación?: elevados consumos de agua, toallitas húmedas, productos tóxicos...
- ¿Cuál es el compromiso real de la población con SU sistema de saneamiento?
- ¿Es posible adaptar las ciudades al “*nuevo*” paradigma del drenaje de escorrentías?
- ¿Qué hacemos con las urbanizaciones (y sus piscinas)?

## Bibliografía.

- EPA (2000). *Manual Constructed Wetlands Treatment of Municipal Wastewater* National Risk Management Research Laboratory. Office of Research and Development. U.S.Environmental Protection Agency. Cincinnati, Ohio.
- García Serrano, J. y A. Corzo Hernández (2008). *Depuración con humedales construidos. Guía práctica de diseño, construcción y explotación de sistemas de humedales de flujo subsuperficial*. Departamento de Ingeniería Hidráulica, Marítima y Ambiental de la Universidad Politécnica de Catalunya.
- Gestión Sostenible del Agua Residual en Entornos Rurales. Proyecto Depuranat. Editorial Netbiblo.S.L. (2008).
- Severn Trent Waters (1996). *Reed Beds and Constructed Wetlands for Wastewater Treatment*. WRC Publications.
- Vymazal, J y Kröpfelová, L. (2008). *Wastewater Treatment in Constructed Wetlands with Horizontal Sub-Surface Flow*. Springer Science+Business Media B.V.
- CENTA (2007). Manual de tecnologías no convencionales para la depuración de aguas residuales.
- Crites, R y Tchobanoglous, G. (2001). Sistemas de manejo de aguas residuales para núcleos pequeños y descentralizados. McGraw-Hill/Interamericana.
- Fernández J, et al. (2005). Manual de fitodepuración. Filtros de macrófitas en flotación. UPM. FGN. Ayto. Lorca

## Bibliografía.

- Steven J. Burian, Stephan J. Nix, Robert E. Pitt, and S. Rocky Durrans (2000), Urban Wastewater Management in the United States: Past, Present, and Future. Journal of Urban Technology, Vol. 7, N. 3, pg. 33-62. The Society of Urban Technology.
- JUAN JOSÉ GONZÁLEZ REGLERO. Los inicios de la preocupación por la calidad de las aguas de abastecimiento y por la depuración de las aguas residuales en el Canal de Isabel II. Fundación Canal de Isabel II. I Congreso de Ingeniería Civil y Medio Ambiente. Madrid, 2002.
- Manuales Técnicos para la gestión de humedales artificiales. Proyecto LIFE ALBUFERA. [www.lifealbufera.org](http://www.lifealbufera.org).

## Enlaces de interés.

- CENTA. Centro experimental de nuevas tecnologías del agua. Carrión de los Céspedes (Sevilla). <http://www.centa.es/>
- Proyecto Depuranat. Gestión sostenible del agua residual en entornos rurales. <http://depuranat.itccanarias.org/>
- Información de Humedales artificiales en la página web de la USEPA. <http://water.epa.gov/type/wetlands/restore/cwetlands.cfm>
- Constructed Wetland Association (CWA): <http://www.constructedwetland.co.uk/>
- Historia del saneamiento [www.sewerhistory.org](http://www.sewerhistory.org)