



DISEÑO DE CANAL PILOTO DE ENSAYO PARA FITODEPURACIÓN DE AGUAS RESIDUALES

Consolación Barciela Torres
Tutor: Julián Lebrato Martínez
Ingeniería Química y Ambiental
Escuela Técnica Superior de Ingeniería
Universidad de Sevilla

Índice

- 1. Introducción
- 2. Memoria descriptiva
- 3. Memoria de construcción
- 4. Memoria de cálculo
- 5. Predicciones futuras sobre el sistema
- 6. Posibilidades de estudio
- 7. Referencias Bibliográficas

1. INTRODUCCIÓN

Antecedentes

- El agua es un recurso indispensable para la vida, por ello necesita unas características mínimas que le permitan una cierta calidad.
- En América Latina, el 98% de la población carece de sistemas de saneamiento de efluentes.
- Pérdida de calidad de las aguas por la actividad humana, desarrollo de sistemas alternativos de tratamiento y depuración de aguas.



Objeto de estudio: Desarrollo de un sistema natural de depuración basado en plantas

1. INTRODUCCIÓN

Mecanismos de depuración de las especies vegetales

- Eliminación de sólidos en suspensión a través de los rizomas y raíces
- Eliminación de materia orgánica por acción de la microflora
- Eliminación de nitrógeno por absorción directa, desnitrificación microbiana y volatilización de amoniacó
- Eliminación de fósforo por absorción directa, por precipitación de fosfatos
- Eliminación de microorganismos por acción de las raíces, transferencia de oxígeno

Aspectos importantes de los sistemas de depuración NO convencionales

- Reutilización del agua depurada
- Obtención de biomasa vegetal por el crecimiento de plantas emergentes del canal
- Ahorro energético y económico
- No evaporación de líquidos
- No emisiones de olores
- Reducida mano de obra



Aplicación no sólo a aguas terciarias, sino a cualquier agua



-El hecho de que se trate de un canal piloto, no garantiza el éxito de la depuración

-Opción de alternar diferentes tipos de plantaciones

1. INTRODUCCIÓN

Árboles/Arbustos

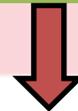
-Gran capacidad de absorber nutrientes y contaminantes



Se plantea la construcción de un “canal piloto” para ensayar con plantas la depuración de aguas residuales



Normalmente en este tipo de técnicas interviene el binomio árbol-suelo



Objetivo: medir las características del árbol sólo, por ello se construye el lecho de piedras en el canal



Canal piloto

2. MEMORIA DESCRIPTIVA

Objetivos de la técnica

- Medir individualmente cuanto depura cada especie vegetal ensayada debido a su propia actuación. Favorecer el crecimiento de estas especies vegetales.
- Mejorar la calidad del agua previo vertido de efluentes. En este post-tratamiento se pretende reducir aún más las concentraciones de nutrientes del agua.
- Favorecer el crecimiento económico derivado de la comercialización de la madera de los árboles/arbustos.



2. MEMORIA DESCRIPTIVA

Ingeniería del proyecto

1. Preparación de la alimentación del agua residual en cabecera

Agua de pozo + fangos mixtos



DQO
DBO
Nitrógeno
Fósforo
Sólidos en suspensión
Metales pesados

Parámetros a analizar

MEDICIONES EN LAS AGUAS RESIDUALES

Parámetros físicos

- Temperatura** → rango óptimo (25-35°C), >50°C digestión anaerobia y nitrificación se detiene, <5°C actividad microbiana inhibida
- Color** → el color viene dado por los SS, materia coloidal y sustancias en solución
- Olor** → por normativa reguladora (detectabilidad)
- Conductividad eléctrica** → usado como parámetro sustituto de la concentración de SDT
- Turbidez** → material particulado en suspensión



Colores en agua



Conductivímetro

2. MEMORIA DESCRIPTIVA

MEDICIONES EN LAS AGUAS RESIDUALES

Parámetros microbiológicos

-**Bacterias** → organismos unicelulares que se encuentran en las aguas. Proviene mayormente del tracto gastrointestinal del hombre. Se distinguen coliformes y estreptococos como principales bacterias.

Virus → Se encuentran en baja concentración en las aguas residuales. Son difícilmente localizables.

Parásitos → divididos en protozoos y helmintos. Comunes en los fangos o lodos.

Parámetros químicos

-**pH** → en aguas residuales urbanas (6.5-8.5) favorece la vida de las especies, >9.2 efectos inhibidores del crecimiento de *E.coli*, disuelve los metales pesados. Con pH alcalino precipitan los metales.

-**Compuestos inorgánicos** → incluye nutrientes, metales pesados y gases

* **Nitrógeno**: en aguas residuales principalmente como amonio.

Los efectos son disminución de oxígeno disuelto, efecto tóxico en especies etc.

Nitrógeno
total

- Nitrógeno amoniacal
- Nitrógeno orgánico
- Nitritos
- Nitratos

2. MEMORIA DESCRIPTIVA

MEDICIONES EN LAS AGUAS RESIDUALES

Parámetros químicos

-Compuestos inorgánicos

***Fósforo**→ está muy relacionado con el pH, provienen en su mayoría de productos de limpieza

Tipo de fósforos	pH			
	0 –2,15	2,15–7,2	7,2–12,35	12,35–14
Fosfatos presentes	H_3PO_4	$H_2PO_4^-$	HPO_4^{-2}	PO_4^{-3}
Nombre común	Ácido fosfórico	Fosfato primario	Fosfato secundario	Ortofosfato

***Metales**→ presente en forma de partículas, rápidamente incorporado a compuesto órgano-metálicos. Tienden a persistir indefinidamente en el medio. El verdadero riesgo está en la acumulación de dichos elementos en suelos y organismos.

***Oxígeno disuelto**→ oxígeno contenido en el agua. Proviene de la atmósfera, plantas. A medida que aumenta, también lo hace la velocidad de crecimiento microbiano.

2. MEMORIA DESCRIPTIVA

MEDICIONES EN LAS AGUAS RESIDUALES

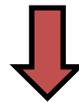
Parámetros químicos

-Compuestos orgánicos

* DBO5 → cantidad de oxígeno consumido (durante 5 días a 20°C) para oxidar la materia orgánica presente en el agua por procesos aerobios. Suele variar entre 200 a 400 mg/l.

* DQO → cantidad de oxígeno necesario para descomponer químicamente la materia orgánica degradable. No ofrece información de la proporción del agua residual que puede ser oxidada por las bacterias ni la velocidad del proceso de oxidación.

* Carbono orgánico → es un parámetro que permite medir la cantidad de materia orgánica biodegradable y no degradable presente en el agua. Requiere equipos costosos.



- Valor habitual DQO/DBO5: 1,8-2,2
- Valores más altos: indican presencia de productos tóxicos
- DBO5/DQO en ARU no tratadas: 0,3-0,8
- DBO/COT en AR no tratadas: 1,2-2,0

2. MEMORIA DESCRIPTIVA

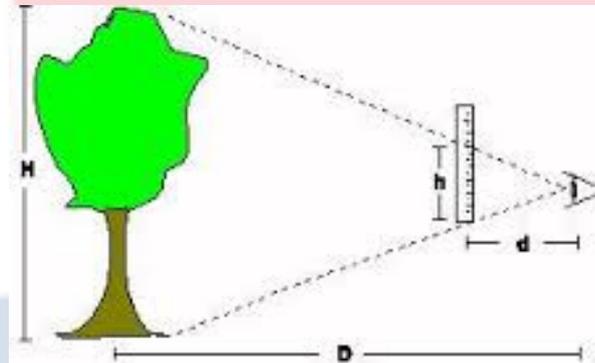
MEDICIONES EN LAS ESPECIES VEGETALES

- **Diámetro:** esta medida sirve de base para estimaciones del área basal, volumen, crecimiento, clasificación, etc.



Cinta métrica

- **Altura:** determina si es correcta la absorción de nutrientes. Para medirla, método de los triángulos semejantes.



$$H = h \cdot (D/d)$$

Método de los triángulos semejantes

2. MEMORIA DESCRIPTIVA

MEDICIONES EN LAS ESPECIES VEGETALES

-**Raíces:** se ven limitadas en crecimiento por la forma del recipiente que las contiene. Estas plantas difieren de las desarrolladas en condiciones naturales por el volumen de suelo, disponibilidad de espacios porosos, capacidad de retención de humedad o enfermedades y plagas.

Para disminuir estos inconvenientes se debe tener en cuenta:

Tamaño: Depende del tipo de raíz que presente la planta. Por ejemplo para *Populus* recipientes con mayor altura y menor diámetro.

Forma: Cilíndricas las más apropiadas, ya que el crecimiento radical se realiza de manera radial a partir de un eje principal.

Color: Claros pero opacos al paso de la luz, disminuyen la temperatura del sustrato.

Estrés hídrico: puede darse este fenómeno si no se tiene un adecuado control de la humedad, ya que la capacidad exploratoria de la raíz se ve restringida.

Estrés nutricional: Una alta tasa de crecimiento vegetativo puede provocar un agotamiento del aporte nutricional.

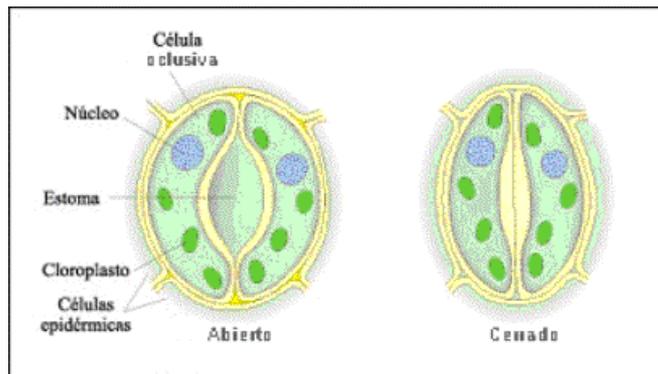
Es importante conocer la arquitectura de la raíz para escoger más allá del crecimiento del árbol aquel contenedor que de una mejor correlación entre tamaño del recipiente y supervivencia de la especie vegetal

2. MEMORIA DESCRIPTIVA

MEDICIONES EN LAS ESPECIES VEGETALES

-**Apertura estomas:** pequeños poros a través de los cuales se difunde los gases (O_2 , CO_2 , vapor de agua) entre atmósfera y planta.

La luz es la señal ambiental que controla le movimiento de los estomas.



*Cuando la intensidad de luz aumenta se abre el estoma, se cierra cuando disminuye.

*La apertura estomática se produce al disminuir la concentración de CO_2 , mientras que se cierra al aumentar la concentración.



¿Cómo medimos la apertura estomática de una forma sencilla y económica?

IMPRESIONES DE LA EPIDERMIS FOLIAR

2. MEMORIA DESCRIPTIVA

MEDICIONES EN LAS ESPECIES VEGETALES

El grado de apertura estomática se estima mediante observación directa al microscopio



- Depositar una capa de esmalte de uñas transparente sobre la superficie del envés de una hoja.
- En cuanto esté seco el esmalte, colocar encima un trozo de cinta adhesiva y, con cuidado despegarla arrastrando la capa de esmalte (impresión foliar).
- Pegar en un portaobjetos la cinta adhesiva y observarla al microscopio.



Técnica sencilla

Técnica económica

Técnica novedosa

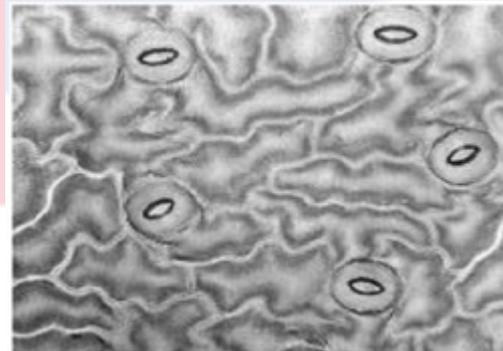


Imagen de la impresión de la epidermis de una dicotiledónea, obtenida al microscopio

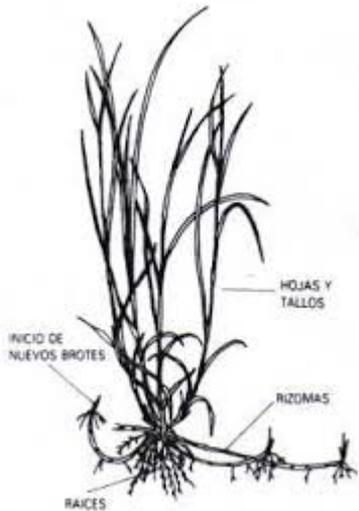


2. MEMORIA DESCRIPTIVA

Principales características de las especies vegetales

Plantas acuáticas emergentes

- Adaptadas a condiciones de falta de oxígeno.
- No sufren limitaciones de agua.
- Tienen buen acceso a la luz.



Juncos



carrizos



eneas

2. MEMORIA DESCRIPTIVA

Principales características de las especies vegetales

Populus



- Son de fácil crecimiento y propagación vegetativa.
- Se adapta a un amplio rango de condiciones climáticas, suelos, aguas, etc.
- Adaptado al dinamismo de las formaciones riparias, protección de la formación.
- Presenta propiedades de fitoremediación, excelente resultado como “filtro verde”.
- Las plantaciones choperas pueden retener un 70-90% de nitratos y 75% de sedimentos.
- Especie productiva con demanda de mercado.

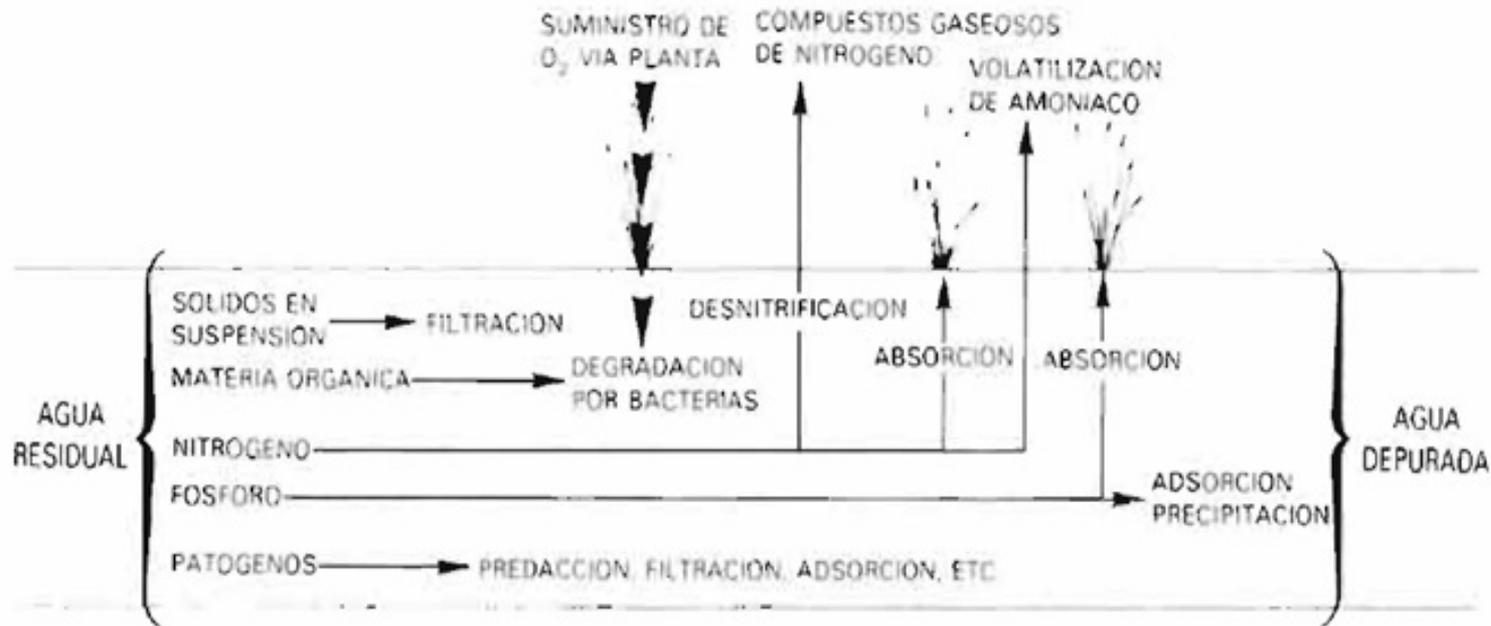
Eucalyptus



- Gran calidad en su madera. Posibilidad de comercialización.
- Heterofilia en sus hojas.
- Fácil cultivo y rápido crecimiento.
- No soporta la competencia con otras especies vegetales.

2. MEMORIA DESCRIPTIVA

Relación árbol-agua residual



Eliminación de patógenos → son diversos los mecanismos, destacando la toxicidad por antibióticos producidos por las raíces, acción predadora de organismos.

3. MEMORIA DE CONSTRUCCIÓN

Ingeniería de obras

Materiales y construcciones empleadas

Recipiente



Pocetas



Chimenea



Zanja



12,35x0,35

Diagonal de piedras



Material aislante



3. MEMORIA DE CONSTRUCCIÓN

Ingeniería de obras

Diseño y ejecución del canal

1. Replanteo y puntos límites

- Plano de la zona
- Plano del proyecto



2. Acopio del material

- 3.5 Tn de piedra de cantera machacada
- 5 m³ de gravilla
- 5 m³ de arena



3. Excavación del terreno y evacuación de tierras

- medios manuales
- profundidad media de 0,43 m
- evacuado 33 m³ de tierra



4. Impermeabilización del terreno

- lámina de Polietileno de Alta Densidad de 1,5 mm de espesor
- 19,5 m² de lámina



5. Relleno de piedras del canal

- 3.5 Tn de piedra de cantera machacada
- tamaño de la piedra 200 a 50 mm
- relleno en el canal con forma de "cuña"



6. Aireación del dren

- chimenea para facilitar la entrada de aire y por tanto la oxigenación de su interior
- acceso directo al interior del dren para su mantenimiento, limpieza, seguimiento y control

7. Respiración del dren

- facilita la salida de los gases que se producirán como consecuencia de los procesos biológicos de degradación de la materia orgánica
- tubos de PVC de 48.3 mm de diámetro



4. MEMORIA DE CÁLCULO

CUADRO DE DESCOMPUESTOS

CÓDIGO	CANTIDAD UD	RESUMEN	PRECIO	SUBTOTAL	IMPORTE
--------	-------------	---------	--------	----------	---------

CAPÍTULO 01.01 Zanja Filtrante

15MZZ00002	m	EXC. ZANJAS TIERRAS CONSIST. MEDIA Excavación, en zanjas, de tierras de consistencia media realizada con medios mecánicos hasta una profundidad máxima de 4 m, incluso extracción a los bordes y perfilado de fondos y laterales. Medida en perfil natural.			
TP00100	0,110 h	PEÓN ESPECIAL	18,28	2,01	
ME00400	0,032 h	RETROEXCAVADORA	34,98	1,12	
TOTAL PARTIDA					3,13

Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de TRES EUROS con TRECE CÉNTIMOS

01.01.01	m3	Apertura Zanja			
P01	16,000 h	Oficial 1*	19,23	307,68	
P02	8,000 h	Peon	16,15	129,20	
XI01100	16,000 m2	LÁMINA POLIETILENO 0,2 mm	0,60	9,60	
SB01000	12,000 m	PVC DIÁM. 125 mm	4,33	51,96	
TOTAL PARTIDA					498,44

Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de CUATROCIENTOS NOVENTA Y OCHO EUROS con CUARENTA Y CUATRO CÉNTIMOS

Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de CUATROCIENTOS NOVENTA Y OCHO EUROS con CUARENTA Y CUATRO CÉNTIMOS

01.01.02	t	Piedra Natural			
P.01	2,150 t	Piedra natural		2,09	4,49
P.02	2,150 h	Transporte Piedra		36,00	77,40
TOTAL PARTIDA					81,89

Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de OCHENTA Y UN EUROS con OCHENTA Y NUEVE CÉNTIMOS

01.01.04	Ud	Oficial 1*			
TO00100	8,000 h	OF. 1* ALBAÑILERÍA	19,23	153,84	
TOTAL PARTIDA					153,84
Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de CIENTO CINCUENTA Y TRES EUROS con OCHENTA Y CUATRO CÉNTIMOS					
01.01.05	ud	Peon Especialista			
TP00100	8,000 h	PEÓN ESPECIAL	18,28	146,24	
TOTAL PARTIDA					146,24

4. MEMORIA DE CÁLCULO

RESUMEN DE PRESUPUESTO

CAPITULO	RESUMEN	EUROS	%
01.01	Zanja Filtrante.....	8.201,05	100,00
	Apertura de zanja mediante medios manuales de 12,35 ml de longitud x 0.35 m de ancho x 0.50 profundidad.		
	TOTAL EJECUCIÓN MATERIAL	8.201,05	
	23,00% Beneficio industrial.....	1.886,24	
	SUMA DE G.G. y B.I	1.886,24	
	CONTROL DE CALIDAD.....	1.250,00	
	SEGURIDAD Y SALUD.....	1.000,00	
	SUMA	2.250,00	
	21,00% I.V.A.....	2.590,83	
	TOTAL PRESUPUESTO CONTRATA	14.928,12	
	TOTAL PRESUPUESTO GENERAL	14.928,12	

Asciede el presupuesto general a la expresada cantidad de CATORCE MIL NOVECIENTOS VEINTIOCHO EUROS con DOCE CÉNTIMOS

Sevilla, a 16 de Noviembre de 2015.

El promotor

La dirección facultativa

4. MEMORIA DE CÁLCULO

Beneficios de la comercialización

Chopo

calidad de terreno	densidad (chopos/ha)	producción (m ³ /ha/año)	gastos (€/chopo)	turno (años)	precio (€/chopo)	renta (€/ha/año)
muy buena	400	25	12,00	12	45,00	1.100,00
muy buena	278	20	12,00	14	66,00	1.072,29
mediana	400	17	12,00	13	20,00	246,15
mediana	278	14	12,00	15	45,00	611,60
baja	278	10	12,00	16	20,00	139,00
baja	200	9	12,00	16	35,00	287,50

Eucalipto

Plantaciones rurales que generan empleos y riquezas. Es el árbol más indicado para la fabricación de celulosa. Se usa además para fabricar miel o aceites esenciales, ganadería etc.

5. PREDICCIONES FUTURAS

Manejo del sistema

- Mantenimiento mínimo, controlar durante los dos o tres primeros años para asegurar el establecimiento de las plantas.
- Para evitar el bloqueo del sistema al principio se aconseja verter el agua residual un poco diluida.
- Recolectar la parte aérea de las plantas con el fin de no devolver al medio nitrógeno y fósforo.
- Revisión periódica del canal para solucionar pequeños problemas de obstrucción de la entrada, flujo excesivo, acumulación de lodos, residuos vegetales, etc.
- Se estima la duración de unos treinta y cinco años de este tipo de sistemas. El suelo puede volver a reutilizarse.

5. PREDICCIONES FUTURAS

Muestreo en el canal piloto a largo plazo

- Planificación y ubicación de los puntos de muestreo en relación con el objetivo perseguido.
- Para este caso se asume el objetivo de realizar un monitoreo de rutina de aguas residuales preparadas que incluye tecnologías naturales.
- La capacidad depuradora vendrá determinada por la integración de los componentes del sistema sumado a la variables climatológicas.
- Su puesta en marcha requiere periodos largos de tiempo, estos sistemas tardan años en conseguir su máxima capacidad de depuración (madurez de las plantas y microorganismos).
- Realizar muestreos en cada estación del año para ver como afecta al funcionamiento.

5. PREDICCIONES FUTURAS

Aplicación de este tipo de sistema en España



-Alta radiación solar y temperaturas → crecimiento de especies vegetales



Eficiencias de depuración superiores a otros países

↑
sales

Alta
evapotranspiración

Agua residual → Agua riego

Reduce el volumen



Con insuficiencia de entrada de agua en el canal se puede llegar a producir la muerte de las especies vegetales



Para abordar garantías con esta tecnología es necesario probar con instalaciones piloto como la que se presenta en este proyecto

6. POSIBILIDADES DE ESTUDIO

Gran capacidad experimental del canal

Tratamientos ensayados

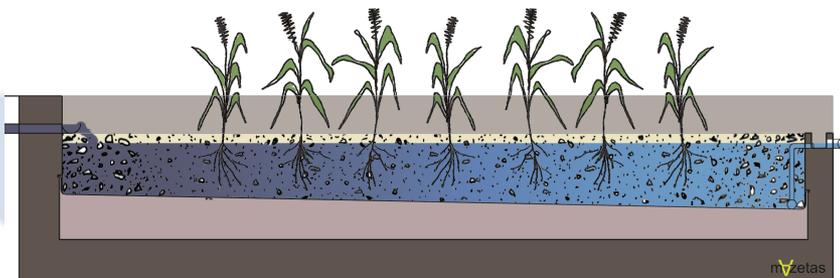
Pruebas con tratamientos predeterminados. Concentraciones estudiadas de los diferentes parámetros a medir para determinar la eficacia de depuración del canal piloto.

Se puede plantear la opción de variar las concentraciones de nutrientes para estudiar la capacidad depurativa y de absorción por parte de las plantas



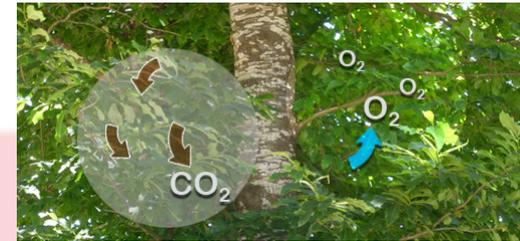
Rendimientos en futuros filtros verdes

La depuración se realiza mediante la acción conjunta del suelo, los microorganismos y las plantas por medio de una triple acción: física (filtración), química (intercambio iónico, precipitación y coprecipitación, fenómenos de óxido-reducción) y biológica (degradación de la materia orgánica)



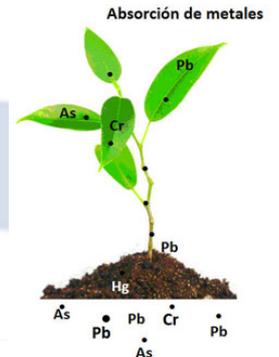
Captura de CO2

El crecimiento de las especies vegetales en el canal implica una absorción de CO2 del medio (sumideros de carbono)



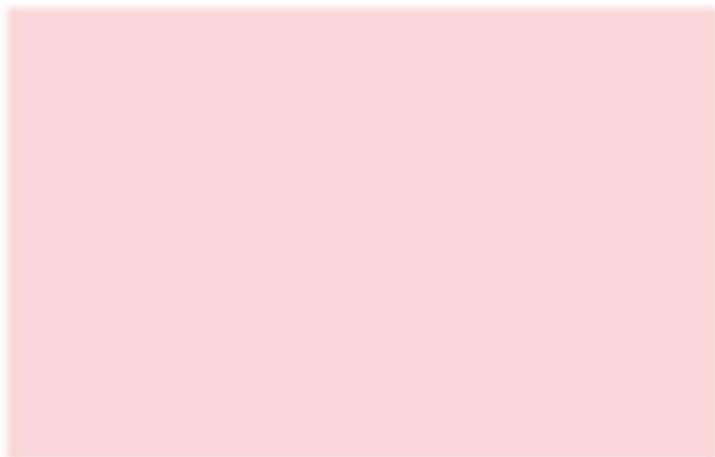
Tratamiento de aguas industriales con contaminantes complejos

En algunas ocasiones las aguas residuales pueden contener metales pesados difíciles de eliminar del medio. La capacidad depuradora de algunas raíces provoca la absorción de estos contaminantes por parte de la planta.





GRACIAS POR SU ATENCIÓN



7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Ascuntar, D., A. Toro, M. Peña y C. Madera 2007 “Influencia del crecimiento biológico en la hidrodinámica y en la remoción de materia orgánica en un humedal de flujo subsuperficial sin vegetación, para el tratamiento de aguas residuales domésticas en regiones tropicales” en *Seminario Internacional sobre Manejo Integral de Aguas Residuales Domésticas*, Instituto de Investigación y Desarrollo en Agua Potable, Saneamiento Ambiental y Conservación del Recurso Hídrico (CINARA), Universidad del Valle, Colombia.

Base de precios 2014. Junta de Andalucía.

Batstone, D. (2000). “High rate anaerobic treatment of the complex wastewater”, Tesis Doctoral, Universidad de Queensland.

Calderón Fernández, R. “Forestación en el arroyo de la fuente del sordo, receptor de las aguas procedentes de la EDAR de Villanueva de Córdoba (Córdoba)”. Proyecto Fin de Máster. Universidad de Sevilla.

Bravo Oviedo, A; Montero González, G. Descripción de los caracteres culturales de las principales especies forestales de España. *Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria (INIA). Carretera de La Coruña Km7. E-28040 MADRID*

Cárdenas, A. 2005 *Calidad del agua*, Facultad del Medio Ambiente y Recursos Naturales, Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Caldas.

Cartró, J. 2003 *Tratamiento de aguas industriales. Depuración biológica de las aguas residuales*, Ed. Fundación Universitaria Iberoamericana –Universidad de Catalunya, Barcelona.

Colprim J. 2003 *Tratamiento de aguas industriales: Modelización de procesos biológicos en la depuración de aguas residuales*, Fundación Universitaria Iberoamericana, Barcelona.

Crites, R y G. Tchobanoglous (2000) *Sistemas de manejo de aguas residuales para núcleos pequeños y descentralizados*, Mc. Graw Hill, Santafé de Bogotá.

Da Cámara, L. *et al.* 2003 *Manual de diseño para plantas de tratamiento de aguas residuales alimenticias*, Ed. M. Gómez, Barcelona.

Delgadillo, Oscar; Camacho, Alan; Pérez, Luis F; Andrade, Mauricio. (2010) *Depuración de aguas residuales por medio de humedales artificiales*.

García, J. 2004 *Tratamiento de aguas industriales: Determinación de la Demanda Bioquímica de Oxígeno*, Ed. Fundación Universitaria Iberoamericana. Barcelona.

7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

García, E. 2004 *Tratamiento de aguas industriales: Análisis microbiológico de aguas residuales*, Fundación Universitaria Iberoamericana. Barcelona.

Guedea-Fernández, G; Arriaga-Frías, A, De la Cruz-Guzmán, G. El efecto de maceta y el rizotrófon: una herramienta para la investigación y la docencia. Laboratorio de Ecofisiología y Control de Plagas Unidad de Morfología y Función. FES Iztacala UNAM. México.

Investigación sobre la absorción de CO₂ por los cultivos más representativos. Prof. Micaela Carvajal Profesora de Investigación Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC)

Kadleck, R., R. Knight, J. Vymazal, H. Brix, P. Cooper, y R. Haberl 2000 *Constructed wetlands for pollution control: Processes, performance, design and operation*, IWA Specialist Group on use of Macrophytes in Water Pollution Control, IWA Publishing.

Karl-Slevogt-Straße 2004 *Fosfato*, Wissenschaftlich-Technische Werkstätten GMBH, Alemania.

Latchinian y D. Ghislieri, (2003). Autoconstrucción de sistemas de depuración de aguas cloacales. Centro de Estudios, Análisis y Documentación de Uruguay.

Latchinian, A. et al. 2002. Jardín de totoras: Sistemas naturales de depuración de aguas servidas en escuelas rurales. Uruguay.

Leandro M. et al. 2004 *Higiene y sanidad ambiental. La turbidez como indicador básico de la calidad de aguas potabilizadoras a partir de fuentes superficiales*, Facultad de Ciencias para la Salud, Universidad Nacional de Entre Ríos, Concepción del Uruguay.

Martín Martínez I. Depuración de aguas con plantas emergentes. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Secretaría general de estructuras agrarias.

Martin de Santa Olalla Mañas, F; López Fuster, P; Calera Belmonte, A. (2005). Agua y agronomía. Universidad de Castilla La Mancha. Editorial: Mundi-Prensa.
de gestión y control de la calidad, Fundación Universitaria Iberoamericana, Barcelona.

Mendonça, S. 2000 *Sistemas de lagunas de estabilización: Como utilizar aguas residuales tratadas en sistemas de riego*, Mc. Graw Hill, Santafé de Bogotá.

Queralt, R. 2003 *Tratamiento de aguas industriales: Generalidades*, Fundación Universitaria Iberoamericana, Barcelona.

San Vicente, C.2003 *Tratamiento de aguas industriales: Aguas litorales. Herramientas*

7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Oakley, S. 2005 *Lagunas de Estabilización en Honduras: Manual, diseño, construcción, operación y mantenimiento, monitoreo y sostenibilidad*, Red Regional de Agua y Saneamiento de Centro América, Honduras.

Peña M. 2003 *Lagunas de estabilización para el tratamiento de aguas residuales*, Universidad del Valle, Instituto CINERA, Cali.

Peña, M., M. Ginneken, C. Madera 2003 “Humedales de flujo subsuperficial: una alternativa natural para el tratamiento de aguas residuales domésticas en zonas tropicales” en *Ingeniería y Competitividad*, 5(1):27-35

Robusté, J. 2004 “Humedales construidos en explotación, experiencia en Catalunya” en J. García, J. Morató y J. Bayona (editores), *Nuevos Criterios para el Diseño y Operación de Humedales Construidos*, Universidad Politécnica de Catalunya, Barcelona.

Sardiñas, O y A. Pérez 2004 *Determinación de nitrógeno amoniacal y total en aguas de consumo y residuales por el método del fenato*, Instituto Nacional de Higiene, Epidemiología y Microbiología, Centro Habana, Cuba.

Seoanez, M.1999 *Aguas residuales: tratamiento por humedales artificiales*, Ediciones Mundi-Prensa, Madrid.1995 *Aguas residuales urbanas: Tratamientos naturales de bajo costo y aprovechamiento*, Mundi- Prensa, Madrid.

Spigares, ME 2006 *Higiene y sanidad ambiental. Virus en aguas de consumo*, Facultad de Ciencias para la Salud, Universidad Nacional de Entre Ríos, Concepción del Uruguay.

Otoniel, A. 2004 *Tratamiento de aguas industriales. Características químicas del agua*, Universidad Nacional de Colombia, Bogota.

Vargas, H. 2005 “Evaluación de la calidad del agua”, presentación Power Point, Universidad Agraria de La Habana, Sistema de Postgrado, La Habana.

El cultivo y la utilización del chopo en España. Observatorio industrial de la madera y el mueble.

7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Enlaces web de interés:

http://www.juntadeandalucia.es/salud/export/sites/csalud/galerias/documentos/c_3_c_2_medio_ambiente_y_salud/aguas_consumo_publico/contaminacion_nitratos1.pdf

www.consolider-tragua.com Ministerio de Ciencia e Innovación. Ingenio 2010.

<http://www.mapa.es/es/agricultura/pags/chopo/cnchopo.htm> (junio 2010)

http://www.ine.es/inebmenu/mnu_cifraspob.htm (septiembre 2010)

http://europa.eu/legislation_summaries/agriculture/environment/l60040_es.htm
(septiembre 2010)

http://europa.eu/legislation_summaries/agriculture/general_framework/l60002_es.htm
(septiembre 2010)

<http://www.congresoforestal.es/actas/doc/6CFE/6CFE01-139.pdf>

http://www.juntadeandalucia.es/averroes/~cepc03/spip/IMG/pdf/unidad_didactica.pdf