



Fitodepuración

Una técnica sencilla y natural para depurar aguas residuales

Introducción

El siglo XXI pasará a la historia como el siglo del cambio climático inducido por el hombre. Por primera vez en la historia de nuestro planeta la especie humana llega a ejercer una presión tal sobre la biosfera, que los efectos de la misma se pueden medir a escala mundial. El Mediterráneo en general, y España en particular, corren el riesgo de sufrir el

avance progresivo de la desertificación, salinización y ulterior erosión de suelos. La gestión racional y eficaz del agua, asignatura pendiente de nuestro país, cobra pues una importancia vital para frenar este proceso.

En el presente artículo expondremos una sencilla tecnología, que sin pretender ser una panacea, puede ser actuada incluso por privados sin depender de diatribas

Población de lentejas de agua formada espontáneamente a la salida de percolados de la planta depuradora de Seva (Barcelona).

políticas o tiempos burocráticos. Se trata en general de la biorremediación, y en particular de la fitodepuración.

Biorremediación y Fitodepuración

Por biorremediación se entiende la utilización de organismos vivos, de cualquier reino, para depurar ambientes contaminados. Ejemplos de biorremediación son la utilización de bacterias especiales para eliminar el azufre del carbón, o el petróleo de suelos y aguas contaminados, o de levaduras lipolíticas para desgrasar las aguas de las cocinas de un restaurante.



La fitodepuración es la utilización de plantas verdes (macrofitas o microfitas) para depurar efluentes líquidos y/o gaseosos. La fitodepuración es por lo tanto una técnica específica de biorremediación.

Potencial de los distintos sistemas de fitodepuración.

La fitodepuración consiste en aprovechar la capacidad de las plantas verdes de metabolizar sustancias contaminantes -que para las plantas pueden ser nutrientes- con la ayuda de la energía solar. La gravedad también juega un rol importante, pues ayuda a separar la fracción sólida por simple decantación. Por lo tanto, es obvia la ventaja conceptual de esta técnica respecto a las plantas depuradoras químicas: la energía consumida para depurar un efluente cualquiera es totalmente gratuita. Otra ventaja menos evidente pero no por ello menos importante es el hecho de que las plantas necesitan del bióxido de carbono (CO₂) at-

La fitodepuración consiste en aprovechar la capacidad de las plantas verdes de metabolizar sustancias contaminantes con la ayuda de la energía solar.

mosférico para absorber los contaminantes del agua, fijando ambos en la biomasa que constituye sus tejidos y liberando oxígeno (O₂). Por lo tanto, al implantar un sistema de fitodepuración no solo estamos limpiando aguas contaminadas, sino que también contribuimos a mitigar el efecto invernadero. La biomasa producida puede ser quemada como cualquier combustible, pero en principio no altera el balance del CO₂ a nivel global: pues la cantidad de CO₂ emitido al quemarla es exactamente la misma que se fijará en los tejidos de la próxima cosecha.

En el momento en que se escriben estas líneas, está en estudio

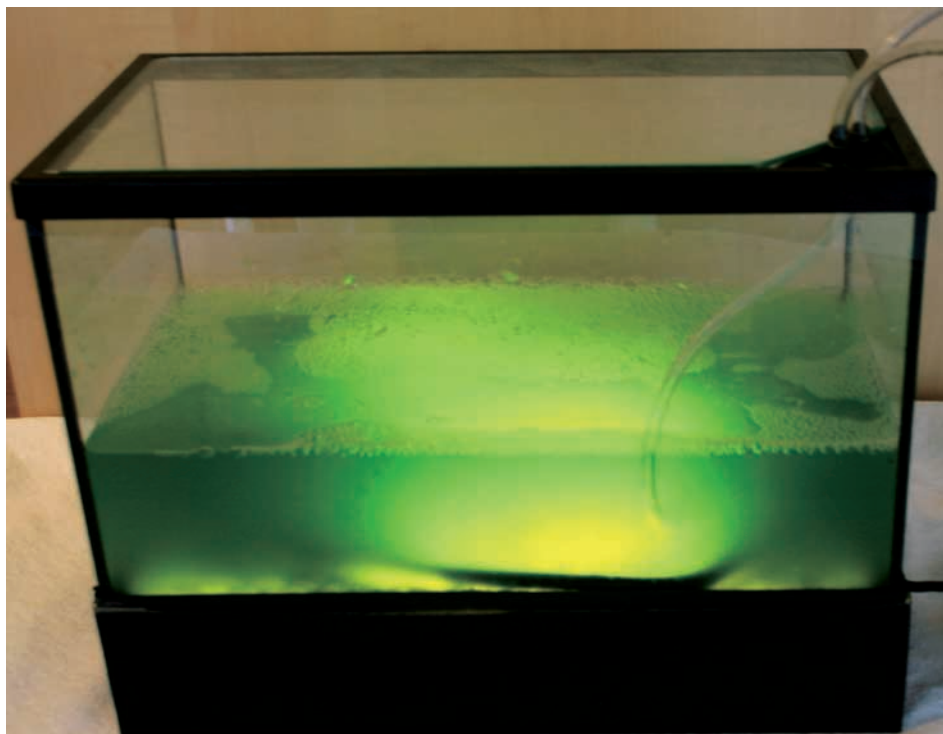
un Real Decreto por el cual se aumentarán de 130% las primas para los cultivos energéticos. Por lo tanto, la fitodepuración mediante especies que produzcan grandes cantidades de biomasa puede incluso pasar a ser una industria rentable.

Proponemos aquí una clasificación de los sistemas de fitodepuración, con las ventajas y desventajas de cada uno.

1. Sistemas abiertos:

Consisten en lagunas o humedales artificiales al aire libre, separados del ambiente natural mediante adecuadas impermeabilizaciones de suelos y barreras de contención de eventuales desbordes. Sus principales ventajas son el bajo coste de implantación y mantenimiento, su valor paisajístico y biotópico. Permiten convertir zonas degradadas en pequeños ecosistemas controlados, refugio de fauna e incluso atractivo

La fitodepuración es la utilización de plantas verdes (macrofitas o microfitas) para depurar efluentes líquidos y/o gaseosos. La fitodepuración es por lo tanto una técnica específica de biorremediación



turístico. Sus principales desventajas son las grandes superficies de suelo que requieren, el rendimiento de depuración variable con la estación del año, y en el caso particular de regiones geográficas muy secas, la enorme pérdida del agua por evapotranspiración, con riesgo de que los nutrientes lleguen incluso a concentrarse más rápidamente de lo que las plantas puedan metabolizar, dando origen a fenómenos contrarios al deseado: eutrofización, muerte de las plantas, agotamiento del O₂ y malos olores por la descomposición anaeróbica de la materia orgánica. Desde un punto de vista operativo, según el tipo de efluente a tratar puede ser conveniente un tipo u otro de plantas verdes. Podemos entonces

crear sistemas abiertos de los siguientes subtipos:

1.1. Con macrofitas acuáticas flotantes.

Las especies ideales son el camalote o jacinto de agua (*Eichhornia crassipes*) y las lentejas de agua (*Lemna* sp.). El camalote es una planta originaria de las regiones tropicales y subtropicales de Sudamérica que destaca por su capacidad de crecimiento, y por lo tanto, de acumular nutrientes (contaminantes) en su propia biomasa. En pocas palabras: cuanto más

Fotobiorreactor experimental de la autora con un cultivo de algas del género *Chlorella*.

La fitodepuración consiste en aprovechar la capacidad de las plantas verdes de metabolizar sustancias contaminantes -que para las plantas pueden ser nutrientes- con la ayuda de la energía solar

sucia el agua, más rápido crece. Es capaz de metabolizar incluso tóxicos como los fenoles (se han reportado capacidades de absorción de hasta 30 kg de fenol/día por cada ha cubierta de camalotes). Se han reportado producciones de camalote de hasta 2.190 ton/ha/año de biomasa fresca (equivalentes a unas 130 ton/ha/año de biomasa seca). Dicha biomasa es apta para forraje, para combustible, o bien para la fabricación de papel. La desventaja para su utilización en Europa es que el camalote muere cuando las temperaturas descienden por debajo de los 15 °C. Tratándose de una planta muy invasora, deben tomarse precauciones para evitar que de algún modo pueda "escapar" a ríos o lagos donde crearía desastres ecológicos como el acaecido en 2005 en el Guadiana, cuando el camalote invadió un centenar de hectáreas del río.

La lenteja de agua es cosmopolita. Su capacidad de acumular biomasa tampoco es desdeñable: unas 50 ton de materia seca/ha/año. Como forraje es superior al camalote. Tiene hasta un 40% de carbohidratos y es especialmente apetecible para los patos (de hecho en inglés se la llama duckweed, hierba de los patos). Resiste mejor al frío y evapora menos por la baja relación superficie/volumen de sus hojas. En España es seguramente una opción interesante para crear fitodepuradores de este tipo. La foto 1 muestra una población de lentejas de agua formada espontáneamente a la salida de percolados de la planta depuradora de Seva (Barcelona).

1.2. Con macrofitas acuáticas sumergidas.

Las mismas pueden ser algas o plantas vasculares.

Un ejemplo de planta vascular sumergida es la conocida como "peste de agua" (*Elodea canadensis*, alias *Egeria densa*), muy utilizada en los acuarios. La misma produce grandes cantidades de O₂, mantiene limpia el agua de los peces al absorber los nutrientes (nitritos y nitratos, P, K), y resiste aguas ligeramente salobres, reduciendo lige-



ramente su dureza. Su limitación es que requiere aguas más bien frías. Independientemente de la especie vegetal de que se trate, las aguas no deben ser demasiado turbias, pues la eficiencia depurativa de las plantas verdes depende precisamente de que reciban mucho sol.

Fotobiorreactor instalado en una planta de cogeneración del M.I.T (Massachusetts Institute of Technology).

1.3. Con macrofitas fijas (humedales artificiales)

Es una técnica algo más elaborada, que consiste en crear una estructura impermeable rellena con grava en su parte inferior y recubierta con tierra que servirá de sustrato a las plantas (Fig. 1). El agua residual, previamente desgrasada y decantada, fluye muy lentamente a través de la grava (típicamente tarda 4 días), de tal modo que no puede aflorar a la superficie, evitando así malos olores. Las raíces de las plantas penetran el sustrato hasta el manto de grava, donde también prospera una flora microbiana aeróbica que colabora en el proceso de metabolización de nutrientes. En otros sistemas, el agua a tratar se vierte superficialmente, percola pasando entre las raíces de las plantas, y sale depurada por la parte inferior, que es un lecho de grava gruesa. Es un sistema utilizado más bien para fangos muy líquidos provenientes

20, 21 y 22 SEPTIEMBRE 2007
GIRONA - PALAU DE FIRES

SPV

SALÓN DE LA PLANTA JARDÍN Y COMPLEMENTOS

VIVEROS, INVERNADEROS, JARDINERÍA, SEMILLAS Y
BULBOS, HERRAMIENTAS, ILUMINACIÓN,
CENTROS GARDEN, TIERRAS Y
ABONOS, MAQUINARIA,
MOBILIARIO URBANO,
RIEGO...



Fira de Girona

Viveristes de Catalunya 1997

info@firagirona.com - www.spv.cat

34 900 352 930

Con el soporte de

Generalitat de Catalunya
Departament d'Agricultura
Ramaderia i Pesca

Diputació de Girona

Ajuntament de Girona

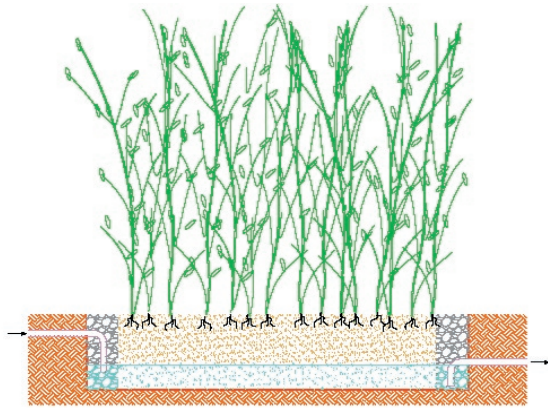
Catalonia

VIVERISTES DE CATALUNYA

Patrocina

LA VANGUARDIA

la Caixa



de una etapa previa. Un ejemplo de esta técnica es la planta de Seva (Barcelona). En la foto 2 se aprecia el fango en la superficie de los fitodepuradores plantados con carrizos, y en la foto 3 se observan los tubos grises de salida de percolado en primer plano, y al fondo el tanque aeróbico de pretratamiento.

Son muchas las especies utilizadas como filtros biológicos. Especialmente eficaces son las cañas del género *Bambusa* y *Phyllostachys*, capaces de producir de 50 a 100 ton/ha/año de biomasa seca con un poder calorífico inferior comparable al de la leña, 4.500 kcal/kg. En España se utiliza el carrizo común *Phragmites australis*, o la espadaña *Typha latifolia*, o la caña común *Arundo donax*, a veces impropriadamente llamada carrizo, por ser plantas autóctonas. Sus rendimientos de biomasa resultan menores que los del bambú.

En España se han probado con éxito fitodepuradores de este tipo en peque-

ña y media escala en Mansilla de las Mulas (León), Bustillo de Cea (León), en la planta de tratamiento de aguas municipales de Soria, en el campus de Tafira perteneciente a la Universidad de las Palmas de Gran Canaria, en Mojácar (Almería) y en la ya mencionada de Seva (Barcelona).

2. Sistemas cerrados

Consisten en estructuras cerradas que en cierto modo constituyen microecosistemas, con mecanismos de regulación más o menos complejos, que contienen las plantas en su interior. Resultan más costosos, pero su eficiencia depurativa y de producción de biomasa es mayor, porque mantienen las condiciones de vida de las plantas dentro de un

Estos sistemas, de humedales artificiales, son una técnica algo más elaborada, que consiste en crear una estructura impermeable rellena con grava en su parte inferior y recubierta con tierra que servirá de sustrato a las plantas.

rango óptimo para las mismas. Se pueden definir los siguientes tipos:

2.1. Fotobiorreactores

Consisten en estructuras de material transparente de variadas formas, con o sin fuentes de luz artificial, en las que se inyecta el agua residual a tratar y aire puro o mezclado con gases de combustión. La metabolización de los nutrientes y del CO₂ es realizada por algas microscópicas en suspensión. Se caracterizan por alcanzar elevadas eficiencias depurativas con menor ocupación de suelo que los sistemas abiertos. No se pierde agua por evapotranspiración, pero su costo operativo resulta algo mayor pues se requieren bombas para hacer circular el agua residual, sopladores para hacer burbujear el aire, y centrífugas o algún otro sistema para separar las algas del agua ya depurada. La foto 4 muestra un fotobiorreactor experimental de la autora con un cultivo de algas del género *Chlorella*. Según las pruebas realizadas, con tan sólo 8 litros de cultivo de dichas algas el mismo podría abatir 0,175 ton de CO₂ al año. La foto 5 muestra un fotobiorreactor instalado en una planta de cogeneración del M.I.T (Massachusetts Institute of Technology), descrito en <http://www.theoil drum.com/story/2006/1/16/155759/653>.

2.2. Depurador AFADS®

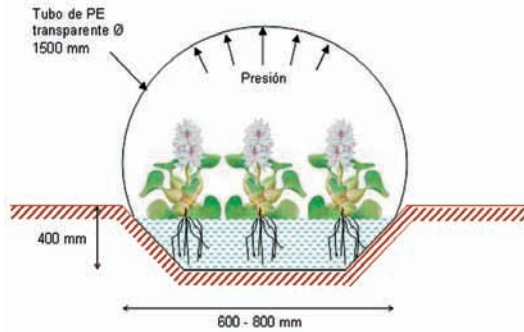
El mismo ha sido descrito en detalle en el número anterior de Bricojardinería y Paisajismo. Se trata de un sistema que engloba una etapa de digestión anaeróbica y una de fitodepuración dentro de una estructura cerrada transparente, cuya función consiste en mantener la temperatura dentro del rango óptimo para el crecimiento de las plantas y recuperar el agua que normalmente se perdería por evapotranspiración.

2.3. Fitodepurador neumático

Es un fotobiorreactor de muy bajo coste que utiliza macrofitas flotantes (camalote o lenteja de agua) en vez de algas (fig. 2). Se trata de una estructura neumática

Los fotobiorreactores son estructuras de material transparente de variadas formas, con o sin fuentes de luz artificial, en las que se inyecta el agua residual a tratar y aire puro o mezclado con gases de combustión. La metabolización de los nutrientes y del CO₂ es realizada por algas microscópicas en suspensión

simple, que consiste en un tubo de polietileno transparente colocado en una zanja poco profunda. El mismo se llena parcialmente con el agua a tratar, y se infla mediante un ventilador. La pequeña presión creada por el mismo mantiene la forma aproximadamente cilíndrica. El extremo opuesto al del ventilador puede cerrarse, o bien colocar en él un intercambiador de calor para condensar la humedad arrastrada por el aire y recuperar el agua pura. En este caso su utilización es doble, pues hace también de destilador solar.



Fotobiorreactor de muy bajo coste que utiliza macrofitas flotantes (camalote o lenteja de agua) en vez de algas

resultado un aumento de la biomasa más o menos pronunciado dependiendo de la especie vegetal que se utilice como biofiltro y de las condiciones de temperatura, insolación y concentraciones de nutrientes de cada caso. El tratamiento de aguas residuales

mediante esta técnica, con ulterior transformación de la biomasa en pellets combustibles puede llegar entonces a convertirse en un negocio rentable. Los sistemas cerrados, si bien más costosos para implantar y operar, presentan mayores rendimientos con menor ocupación de suelo, y recuperan una fracción importante del agua que en los sistemas abiertos se pierde por evapotranspiración.

Conclusiones

La fitodepuración es una técnica de eliminación simultánea de las sustancias contaminantes de las aguas residuales orgánicas y del CO2 de la atmósfera, utilizando para ello el metabolismo de las plantas verdes y la energía del sol. Tanto el CO2 como los contaminantes son nutrientes para las plantas verdes, cuyo metabolismo da como

Arq. Giovanna Barbaro
info@green-box-design.com

PRODUCCIÓN DE PLANTA ORNAMENTAL EN MACETA



> > >
PLANTA VERDE

- Pothos
- Croton Petra
- C. Gold-Crest
- Asplenium
- Kentias
- Helechos

> > >
PLANTA DE FLOR

- Anthurium
- Ciclamen
- Hibiscus
- Fuchsia
- Pelargonium
- Kalanchoe
- Hortensia
- Impatiens
- Bougainvillea
- Strelitzia
- Poinsettia
- Phalaenopsis



AGRICOLA VALLENIZA S.L.

29740 Torre del Mar (Málaga) - Apartado de correos, 100 - Tel.: 952 513 100 / 952 513 101 - Fax: 952 514 350 - E-mail: avalleniza@teleline.es