



## **TÍTULO DEL TRABAJO**

Resultados del Proyecto LIFE-MedioAmbiente MACROPHYTES, desarrollado en Lorca (Murcia, España).”

## **TÍTULO RESUMIDO**

Proyecto LIFE-MedioAmbiente MACROPHYTES

## **NOMBRE DE AUTORES**

Jesús Fernández\*, Eduardo de Miguel \*\*

## **NOMBRE Y DIRECCIÓN DE LAS INSTITUCIONES**

\* Departamento de Producción Vegetal: Botánica y Protección Vegetal. Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos. Universidad Politécnica de Madrid.  
Avenida Complutense s/n, 28040, Madrid.

\*Fundación Global Nature  
C/ Capitán Haya 23, esc. 2,9º  
28020-Madrid  
edemiguel@fundacionglobalnature.org

## **NÚMERO DE TELÉFONO, FAX Y E-MAIL**

Tlf.: 915492470 Fax 915498482 e-mail j.fernandez@upm.es

## **FIGURAS Y TABLAS**

## **RESULTADOS DEL PROYECTO LIFE-MEDIO AMBIENTE “MACROPHYTES”, DESARROLLADO EN LORCA (MURCIA, ESPAÑA).**

**Jesús Fernández(\*) y Eduardo de Miguel(\*\*)**

(\*) Departamento de Producción Vegetal: Botánica y Protección Vegetal. Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos de la Universidad Politécnica de Madrid.

(\*\*)Fundación Global Nature.

### **RESUMEN**

En el presente trabajo se exponen los fundamentos del sistema FMF para la depuración de aguas residuales y se describe el estado del Proyecto Life-Medio-Ambiente titulado "New floating macrophyte green filters (FMF) for the Mediterranean region" (Macrophytes) que se está realizando en Lorca (Murcia, España).

**PALABRAS CLAVES:** Fitodepuración, macrofitas emergentes, sistema FMF.

## **RESULTS OF THE LIFE-ENVIRONMENT PROJECT “MACROPHYTES”, EXECUTED IN LORCA (MURCIA, ESPAÑA)**

### **ABSTRACT**

In this paper the basis of the FMF systems for the waste water treatment and the actual statement of the LIFE-Environment Project "New Floating Macrophyte green Filters (FMF) for the Mediterranean region " (Macrophytes) that is executed in Lorca (Murcia, Spain) are exposed. ,.

**KEYWORDS:** Phytodepuration, emerging macrophytes, FMF system.

## **1. INTRODUCCIÓN**

Para eludir el problema de la colmatación que se produce en los humedales artificiales convencionales, la Universidad Politécnica de Madrid ha desarrollado un sistema que consigue la depuración de las aguas residuales utilizando macrofitas de tipo emergente transformadas en flotantes, lo que evita la colmatación, con la ventaja de aumentar considerablemente la superficie de contacto de la rizosfera con el agua residual. En este sistema, las plantas (seleccionadas entre las de tipo "emergente", adaptadas a la climatología del lugar) forman un tapiz flotante sobre la superficie de un canal o laguna con su sistema radicular, los rizomas y la base de los tallos sumergidos en el agua. Este sistema fue denominado FMF (Filtro de Macrofitas en Flotación).

El conjunto de la zona sumergida tiene una gran superficie específica, debido principalmente al gran número de raíces y raicillas, que actúan de soporte para la fijación de los microorganismos que degradan la materia orgánica.

Con objeto de demostrar la viabilidad práctica del sistema FMF para la depuración de aguas residuales la Comisión de la UE dentro del Programa Life – Medio Ambiente, concedió al Ayuntamiento de Lorca (Murcia) un proyecto para la realización de 7 prototipos de filtros por el sistema FMF. El proyecto lleva por título “New floating macrophyte green filters (FMF) for the Mediterranean region” y en él participan, además del Ayuntamiento de Lorca, la Universidad Politécnica de Madrid, inventora del sistema FMF, y la Fundación Global

Nature, que viene desarrollando diversas actuaciones medioambientales en la Región de Murcia.

El proyecto contempla la construcción de 3 filtros para las tres pedanías de Lorca, Coy (500 habitantes), Avilés (394 habitantes) y Doña Inés (150 habitantes), dos filtros para dos viviendas unifamiliares, uno para el Centro de interpretación que tiene la Fundación Global Nature en la Sierra de la Almenara (Purias) y un filtro para una instalación de ganado porcino.

El presupuesto global del proyecto asciende a 1.013.008 € del que la Comisión de la UE aporta el 50 % de financiación. El proyecto se inició en octubre de 2002 y tiene prevista su finalización en septiembre de 2005.

## 2. DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA FMF

El corazón del sistema está constituido por un tapiz flotante de vegetación, formado sobre la superficie de un canal o laguna, cuyos elementos básicos son las plantas (especies seleccionadas entre las de tipo "emergente", adaptadas a la climatología del lugar) que van a tener sumergido en el agua su sistema radicular y una parte de la base del tallo. La mayoría de las plantas acuáticas tienen también rizomas (estructuras de reproducción vegetativa de las que salen nuevos brotes y que contienen abundante cantidad de hidratos de carbono como sustancia de reserva) que se encuentran sumergidos en el agua junto a las raíces y unidos a la base del tallo de procedencia. Toda la zona sumergida de la planta tiene una gran superficie específica, debido principalmente al gran número de raíces y raicillas, que actúan de soporte para la fijación de los microorganismos que degradan la materia orgánica, cuyo crecimiento se ve favorecido por el oxígeno que les llega a través de las raíces bombeado desde las hojas de las plantas (propiedad específica de las plantas emergentes y flotantes).

Las macrofitas emergentes en general tienen un cierto desarrollo en altura y una densidad menor que la unidad, por lo que para lograr la flotación y el desarrollo de este tipo de plantas hay que conseguir que la parte sumergida forme una base de suficiente consistencia y extensión en superficie, que permita el desarrollo de las hojas y los tallos por encima de la superficie del agua, según su altura natural, evitando la tendencia al vuelco que tendría una planta aislada.

La novedad del sistema consiste en conseguir que plantas que naturalmente se encuentran enraizadas en el suelo del fondo de los cursos de agua o en sus orillas, se desarrollen y lleguen a completar su ciclo vital flotando sobre la parte superior del perfil del agua que fluye por un canal o que se encuentra remansada en una balsa o laguna, siempre que tenga profundidad suficiente (en general entre 25 y 50 cm). En definitiva se trata de formar un tapiz flotante constituido por los órganos sumergidos de las plantas (bases de tallos, rizomas y raíces) trabados entre sí naturalmente, como consecuencia de su crecimiento.

A parte del efecto depurador, el sistema posibilita la producción de biomasa en una cuantía muy superior a la de cualquier cultivo terrestre. Esta biomasa puede ser empleada en alimentación animal (si no contiene metales pesados ni productos tóxicos), para fabricación de compost o para fines industriales (artesanía, materiales de construcción aislantes etc...). En cuanto a los azúcares y al almidón contenidos en los rizomas, la producción anual se puede estimar en más de 1 kg/m<sup>2</sup>. Una aplicación de los hidratos de carbono contenidos en los rizomas podría consistir en la fabricación de piensos o en la obtención de almidón.

## 2. EXPERIENCIAS PREVIAS CON EL SISTEMA FMF

Los ensayos experimentales iniciales con este sistema, a nivel de demostración se realizaron en una plantación de 1500 m<sup>2</sup> realizada en el aeropuerto de Madrid-Barajas, bajo el patrocinio de AENA, con un caudal diario de agua de unos 200 m<sup>3</sup>, una carga de contaminación media de 700 habitantes-equivalente y un tiempo medio de retención hidráulica de 6 días. El filtro funcionó durante 3 años consecutivos en régimen normal (1999-2002), mostrando una gran eficacia en la eliminación de los contaminantes orgánicos, sólidos en suspensión y microorganismos patógenos, así como la posibilidad de depurar las aguas con glicoles y las aguas de sentinas, siempre que éstas se llevaran previamente a una dilución adecuada.

La reducción media, y las máximas y mínimas mensuales de los distintos parámetros durante los 3 años que duró la experiencia se indica en la **Tabla I**.

En cuanto a la reducción media de los microorganismos más importantes de las aguas residuales fue la siguiente:

- Microorganismos totales 94,53 % ( de 92,30 a 99,18)
- Coliformes totales 93,62 % ( de 77,65 a 99,01)
- Coliformes fecales 96,14 % ( de 87,70 a 99,10)

**Tabla I. Valores medios de los parámetros de depuración obtenidos en el filtro de macrofitas (sistema FMF) instalado en Barajas, durante el período 1999-2002.**

PARÁMETRO	Reducción Media (%)	Reducción Máxima		Reducción mínima	
		%	Mes	%	Mes
DQO	65,68	88,44	Agosto-01	33,33	Septiem.-02
DBO <sub>5</sub>	80,60	95,47	Junio-01	52,63	Febrero-02
Sólidos en Suspensión	66,40	97,15	Diciembre-02	50,00	Octubre-01 Mayo-02
N-Total	35,85	77,04	Junio-02	11,99	Febrero-02
P-Total	27,11	53,58	Enero -01	6,27	Mayo-01

## 4. Desarrollo del Proyecto “MACROPHYTES”

A continuación se detallan las características y la situación de cada uno de los filtros instalados

### 4.1. Filtro de la pedanía de Coy

Habitantes considerados: 500

Pretratamiento:

- Rejas de desbaste y arqueta-desarenadora
- Tanque de decantación-digestión de 6,5x3x3 m (largo x alto x ancho).

Dimensiones de los canales construidos:

- 3 canales de 63,5 x 4 m

- 1 canal de 57,4 x 4 m
- Superficie total de los canales: 992 m<sup>2</sup>

Especies utilizadas: Inicialmente se utilizaron plántulas de esparganio (*Sparganium* sp.)

Tipo de plantación realizada: Se plantaron flotando sobre la superficie de la lámina de agua mediante un dispositivo adecuado compuesto por flotador, elemento de fijación y lastre

Época de plantación: La plantación se realizó en otoño de 2004

Conducción del agua residual: En la actualidad el agua residual llega desde el municipio por gravedad, por una conducción específica realizada al efecto

Resultados obtenidos: Tras el paso del invierno, en que las plantas sufrieron los rigores de heladas, poco habituales en la zona, se recuperaron bien y rebrotaron aceptablemente. Con la llegada del agua residual se observó un empeoramiento progresivo de las plantas de los 3 primeros canales, que poco a poco se van recuperando. Las plantas del último canal tienen un desarrollo correcto. Aunque todavía no está funcionando a pleno rendimiento, en el muestreo realizado en fecha de 20-05-05 se obtuvieron los resultados que se indican en la Tabla II

**Tabla II Valores de los parámetros de contaminación a la entrada y salida del filtro de Coy. Los valores se expresan en mg/l**

TOMA DE MUESTRA	DQO	DBO <sub>5</sub>	N total	P total
Entrada digestor	1056	520	62,8	16,9
Entrada 1 <sup>er</sup> canal	436,8	440	59,9	11,8
Salida 4 <sup>o</sup> canal	120	40	51,3	7,5
<b>REDUCCIÓN DE LA CONTAMINACIÓN</b>				
Reducción por macrofitas (%)	72,5	90,9	14,3	36,4
Reducción global (%)	88,6	92,3	18,3	55,6

#### 4.2. Filtro de la pedanía de Avilés

Habitantes considerados: 500

Pretratamiento: Primitiva depuradora dotada de foso de decantación-digestión

Dimensiones de los canales construidos:

- 1 canal de 18 x 4 m
- 1 canal de 70 x 4 m
- 1 canal de 100 x 4 m
- 1 canal de 110 x 4 m
- Superficie total de los canales: 1192 m<sup>2</sup>

Especies utilizadas: Inicialmente se utilizaron plántulas de *Sparganium* sp., *Typha latifolia*, *T. domingensis*, y *Cyperus eragrostis*.

Tipo de plantación realizada: Se plantaron sobre el suelo de los canales, a los que previamente se había añadido una lámina de tierra de unos 5 cm de altura

Época de plantación: La plantación se realizó en otoño de 2004

Conducción del agua residual: En la actualidad el agua residual llega desde la antigua depuradora con un bombeo, existente con anterioridad, hasta una balsa de riego, desde la que pasa el agua a los canales por gravedad.

**Resultados obtenidos:** Tras el paso del invierno, en que las plantas sufrieron los rigores de heladas, poco habituales en la zona, se recuperaron bien y rebrotaron aceptablemente. Debido a que todavía no está formado el manto flotante no está circulando el agua por todos los canales, por lo que la depuración que se efectúa es de forma estática. Los valores analíticos del muestreo realizado en fecha de 30-05-05 se indican en la **Tabla III**.

**Tabla III. Valores de los parámetros de contaminación en los diversos canales del filtro de Avilés. Los valores se expresan en mg/l**

TOMA DE MUESTRA	DQO	DBO <sub>5</sub>	N total	P total
Agua de entrada	395	300	77,2	14,0
Canales con enea ( <i>T. latifolia</i> )	330	20	16	3,5
Canales de Juncia y esparganio	210	0,0	8,3	0,0
Canales con enea ( <i>T.domingensis</i> )	270	20	11,0	0,8

### 4.3. Filtro de la pedanía de D<sup>a</sup> Inés

**Habitantes considerados:** 180

**Pretratamiento:** Decantación simple y desbaste con rejillas de 1 cm

**Dimensiones de los canales construidos:**

- 1 canal de 22 x 4,5 m
- 1 canal de 32 x 4,5 m
- 1 canal de 40 x 4,5 m
- Superficie total de los canales: 414 m<sup>2</sup>

**Especies utilizadas:** Inicialmente se utilizaron plántulas de *Sparganium* sp. y *Typha domingensis*.

**Tipo de plantación realizada:** Se plantaron sobre el suelo de los canales, a los que previamente se había añadido una lámina de tierra de unos 5 cm de altura

**Época de plantación:** La plantación se realizó en otoño de 2004

**Conducción del agua residual:** En la actualidad el agua residual llega desde un pozo de decantación que recibe el agua de la acequia de salida del agua residual del pueblo. El bombeo hasta los canales se realiza por medio de un sistema fotovoltaico.

**Resultados obtenidos:** Tras el paso del invierno, en que las plantas sufrieron los rigores de heladas, poco habituales en la zona, las plantas no se han recuperado bien y aunque han rebrotado bastantes ha habido necesidad de replantar. Los valores de los parámetros de la contaminación de las aguas indican que todavía no han empezado a depurar.

### 4.4. Filtros de las viviendas unifamiliares

Se han construido 2 filtros de 1 x 10 m cada para tratar el agua de 2 viviendas unifamiliares situadas en la vega de Lorca.

Como pretratamiento se instaló en cada uno de ellos una fosa séptica de 1 m<sup>3</sup> de capacidad. La plantación se realizó en flotación sobre la superficie del agua y se detectaron numerosos problemas para el desarrollo de las plantas en ambos filtros. La causa parecía radicar en vertidos puntuales de productos desinfectantes concentrados que se utilizaban habitualmente en las viviendas para la limpieza de los inodoros. Tras el paso del invierno, la recuperación de

las plantas ha resultado bastante penosa y todavía se están ensayando diversas especies para ver cuál es la que ofrece mejor adaptación al tipo especial de vertido. De momento parece que la enea (*T. domingensis*) parece ser la mejor adaptada, aunque todavía no se pueden ofrecer datos sobre la depuración que efectúan.

#### 4.5. Filtro de la residencia de la Fundación Global Nature

Se construyó un filtro de dimensiones análogas a las de los colocados en las viviendas unifamiliares. La problemática del agua de la Residencia es ligeramente distinta de la de las viviendas. Si bien no se produce el vertido de productos detergentes concentrados, el consumo de agua es bastante menor, ya que solamente se utiliza para el aseo personal y para el fregado de material de cocina, por lo que la concentración de los contaminantes, y en especial del nitrógeno es ligeramente superior a lo habitual en un agua residual.

Las plantas de esparganio tienen un muy buen desarrollo, aunque todavía no están depurando a pleno rendimiento. Los valores del muestreo realizado en fecha 30-05-05 se presentan en la Tabla IV.

Tabla IV. Valores de los parámetros de contaminación a la entrada y salida del filtro de la residencia de la Fundación Global Nature.

TOMA DE MUESTRA	DQO	DBO <sub>5</sub>	N total	P total
Entrada al canal	355,6	230	160,1	20,3
Salida del canal	345,6	120	72,8	15,5
REDUCCIÓN DE LA CONTAMINACIÓN				
Reducción por macrofitas (%)	2,8	47,8	87,3	23,6

#### 4.6 Filtro para la depuración de purines de una instalación ganadera

Pretratamiento: Está pendiente de realizar un sistema de pretratamiento a base de balsas de aireación para producir desnitrificación y sedimentación de los sólidos en suspensión.

Dimensiones de los canales construidos:

- 5 canales de 45 x 3,5 m
- Superficie total de los canales: 787,5 m<sup>2</sup>

Especies utilizadas: *Typha domingensis*.

Tipo de plantación realizada: Se plantaron sobre la superficie de la lámina de agua mediante un dispositivo adecuado compuesto por flotador, elemento de fijación y lastre.

Época de plantación: La plantación se realizó en abril-mayo de 2004

Conducción del agua residual: En la actualidad el agua residual todavía no llega desde la balsa de los purines, por lo que el llenado inicial de los canales se realizó mediante cisternas de agua. En un futuro el agua llegará por bombeo desde una balsa inferior en la que se producirá la mezcla del efluente del sistema del pretratamiento de los purines brutos con el agua depurada.

Resultados obtenidos: En la actualidad las plantas están creciendo satisfactoriamente en agua dulce con adición de purines para adecuar su poder fertilizante al requerimiento de las plantas.

## CONCLUSIÓN

En el estado actual de desarrollo del proyecto se puede decir que existen muy buenas perspectivas sobre el funcionamiento del sistema para las aguas de las poblaciones, aunque todavía no se ha conseguido el funcionamiento en régimen óptimo de trabajo. La aplicación del sistema a viviendas unifamiliares puede presentar problemas si se producen vertidos puntuales de productos altamente contaminantes, ya que el sistema carece de capacidad tampón o para este tipo de vertidos puntuales a diferencia de lo que sucede en las poblaciones, en las que los posibles vertidos puntuales de una vivienda en un momento determinado, se diluyen en el conjunto del agua vertido por el resto de las viviendas.