



GOBIERNO  
DE ESPAÑA

MINISTERIO  
DE AGRICULTURA Y PESCA,  
ALIMENTACIÓN Y MEDIO AMBIENTE

# JORNADA SOBRE EFICIENCIA HÍDRICA Y ENERGÉTICA EN EL REGADÍO

Madrid, 15 Noviembre, 2017

## LA REUTILIZACIÓN DE LAS AGUAS RESIDUALES: EXPERIENCIAS DE LA FUNDACIÓN CENTA



FUNDACIÓN CENTRO DE LAS NUEVAS TECNOLOGÍAS DEL AGUA

**Dra. Isabel Martín**

- **AGUAS RESIDUALES: POTENCIAL HÍDRICO A CONSIDERAR**
- **PEQUEÑAS AGLOMERACIONES, ZONAS RURALES, DESCENTRALIZADAS, ECONÓMICAMENTE DEFICITARIAS**
- **PRESENTACIÓN DE LA FUNDACIÓN CENTRO DE LAS NUEVAS TECNOLOGÍAS DEL AGUA – CENTA**
- **EXPERIENCIAS DEL CENTA EN REUTILIZACIÓN DE AGUAS RESIDUALES**

- Es una realidad que la demanda de agua está creciendo a nivel mundial y que los recursos hídricos convencionales son limitados. El **cambio climático**, **la sobre-explotación y la contaminación** están ejerciendo una presión considerable sobre el suministro de agua dulce lo que, a su vez, está provocando escasez de agua y el deterioro de su calidad.
- La escasez global de agua puede provocar un "golpe severo" a las economías. Para el año 2050, la creciente demanda de las ciudades, de la agricultura y la industria reducirían el suministro de agua en regiones donde actualmente abunda, provocando conflictos y migración. El Centro y Sur de Asia, Oriente Medio, Norte de África, EEUU y los **países Mediterráneos**, sufrirán el mayor impacto económico debido a la escasez de agua a medida que el cambio climático se vaya arraigando (Theguardian, 2016).....

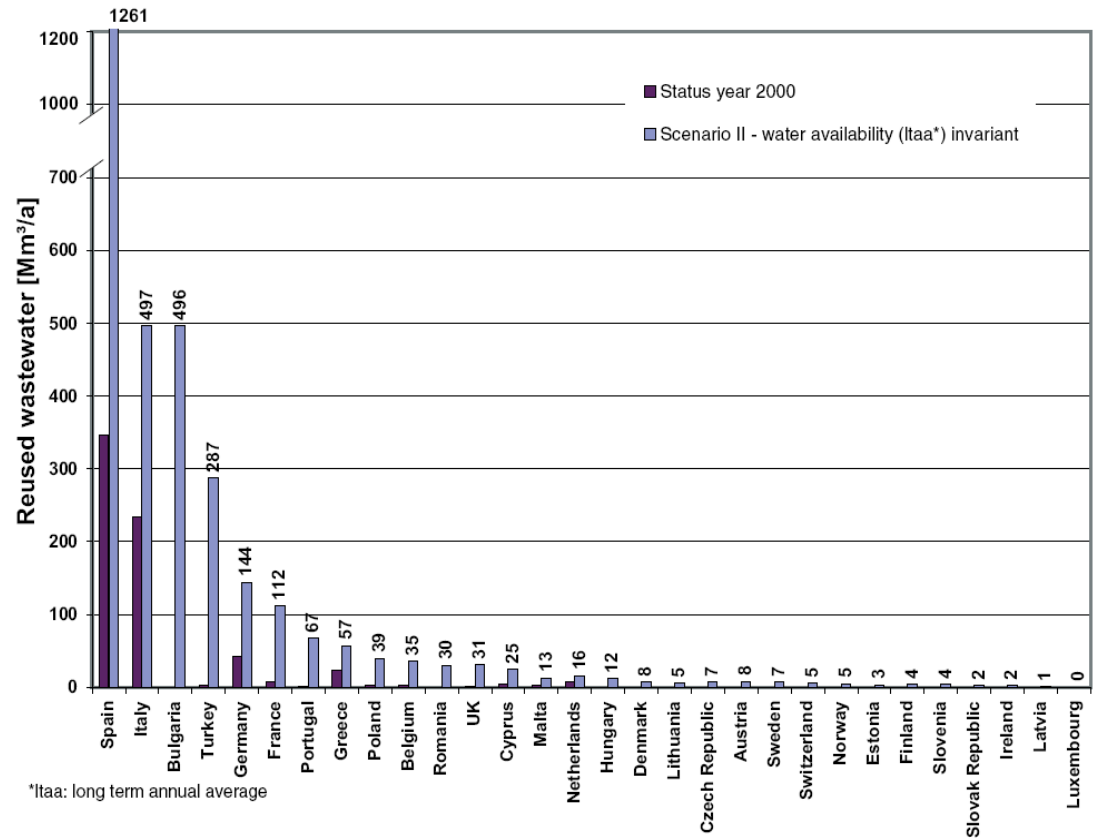
- En el contexto anterior, se deben buscar e implementar **estrategias adecuadas y sostenibles** que permitan gestionar los desequilibrios entre la disponibilidad de recursos hídricos y las posibles demandas de uso, garantizando la protección de los recursos naturales.
- El aumento de la demanda de agua en sitios donde el recurso es escaso o donde hay una alta competencia por el recurso crea la necesidad de utilizar las denominadas '**fuentes no convencionales**' entre las que se encuentran las **aguas residuales** (UNESCO 2016).
- En este sentido, la **reutilización de las aguas residuales**, con garantías para la salud pública y el medio ambiente, ha dejado de ser un recurso marginal para convertirse en una de las estrategias básicas de los **planes de gestión integrada de los recursos hídricos** y un activo clave del concepto de '**economía circular**', no sólo desde un punto de vista de disponibilidad de agua sino también de recuperación de nutrientes y energía.
- Por lo tanto, descuidar las oportunidades derivadas de una mejor gestión de las aguas residuales es nada menos que impensable (United Nations World Water Development Report, 2017).

- En los últimos treinta años, las sequías han aumentado drásticamente en número e intensidad en la UE y al menos el 11% de la población europea y el 17% de su territorio se han visto afectados por la escasez de agua hasta la fecha. La CE espera un mayor deterioro de la situación del agua en Europa si las temperaturas siguen aumentando como resultado del cambio climático.
- La escasez de agua ya no se limita a algunas regiones de Europa, como la mediterránea (España, Portugal, Italia, sur de Francia, Chipre, Grecia y Malta), donde alrededor del 20% de la población vive bajo constante estrés hídrico y en verano, más del 50% de la población se ve afectada. Este problema se está convirtiendo rápidamente en una preocupación en toda la UE. Para 2030, el estrés hídrico y la escasez de agua probablemente afecten a la mitad de las cuencas hidrográficas de Europa (<http://ec.europa.eu/environment/water/reuse.htm>)
- Europa necesita gestionar sus recursos hídricos de manera más eficiente, y las **aguas residuales tratadas** pueden ser un suministro de agua alternativo o adicional efectivo y también una herramienta para la adaptación al cambio climático, ya que actualmente o en un futuro cercano muchos Estados miembros podrían enfrentar escasez de agua al menos estacionalmente (CIS, 2016).

➤ En la actualidad, se estima que en la UE se reutiliza del orden de 1.100 millones de m<sup>3</sup>/año de aguas residuales tratadas.

➤ Partiendo de que es difícil cuantificar el potencial para aumentar la reutilización del agua a nivel de la UE, ya que la reutilización del agua es una solución local, en el marco del Proyecto AQUAREC (2006) se desarrolló un modelo de escenario donde se predijo un volumen de reutilización de aguas residuales tratadas de 3.222 millones de m<sup>3</sup>/año en Europa para 2025. España mostró el mayor potencial de reutilización (más de 1,200 millones m<sup>3</sup>/ año).

➤ Si se producen fuertes incentivos reglamentarios y financieros a nivel de la UE, se podría alcanzar un volumen del orden de 6.000 millones de m<sup>3</sup>/año para 2025 (CE, 2016).



# PEQUEÑAS AGLOMERACIONES/ZONAS DESCENTRALIZADAS, ECONÓMICAMENTE DEFICITARIAS



La limitación financiera y la falta de recursos físicos para el tratamiento de las aguas residuales, crean las condiciones para una **REUTILIZACIÓN INCONTROLADA Y SIN PLANIFICAR**

En este contexto, debemos buscar opciones tecnológicas que reconcilien los requerimientos de **bajo coste, simplicidad en operatividad, mantenimiento y explotación**, así como aquellas que garanticen la calidad de un **efluente con garantías para la salud pública y del medioambiente, incluidos los cultivos**; dando prioridad a los aspectos relacionados con el **desarrollo sostenible y la economía circular**





CENTA ([www.centa.es](http://www.centa.es)) es un Centro de Investigación promovido por la Consejería de Medio Ambiente y Ordenación del Territorio de la Junta de Andalucía con el apoyo de otras entidades públicas y privadas del sector del agua.

❖ Actualmente desempeña un papel importante en el sector del agua, desempeñando diversas funciones y tareas destinadas a promover una mejor gestión de los recursos hídricos con un enfoque innovador, sostenible y de apoyo.



❖ Posee más de 25 años de experiencia en el tratamiento de las aguas residuales y la reutilización del agua en pequeñas comunidades, zonas rurales, descentralizadas o económicamente deficitarias; con un enfoque particular en sistemas naturales con bajo consumo energético y mínimos requisitos técnicos.





# FUNDACIÓN CENTRO DE LAS NUEVAS TECNOLOGÍAS DEL AGUA (CENTA)

❖ Las infraestructuras y la experiencia del CENTA le han permitido convertirse en un centro de referencia para la investigación aplicada en el tratamiento y reutilización del agua en el sur de España, llevando a cabo múltiples proyectos de I + D colaborativos con instituciones académicas y empresas innovadoras. Además, CENTA actúa como una plataforma para la validación y transferencia de tecnología y conocimiento, y se considera un laboratorio vivo en el sector del agua.

❖ CENTA brinda asistencia técnica a las autoridades de España en materia de tratamiento y reutilización del agua. Participa en el desarrollo de eventos, programas de capacitación, así como en numerosos proyectos, incluidos los internacionales en Europa, América Latina, Norte de África, Oriente Medio e India.



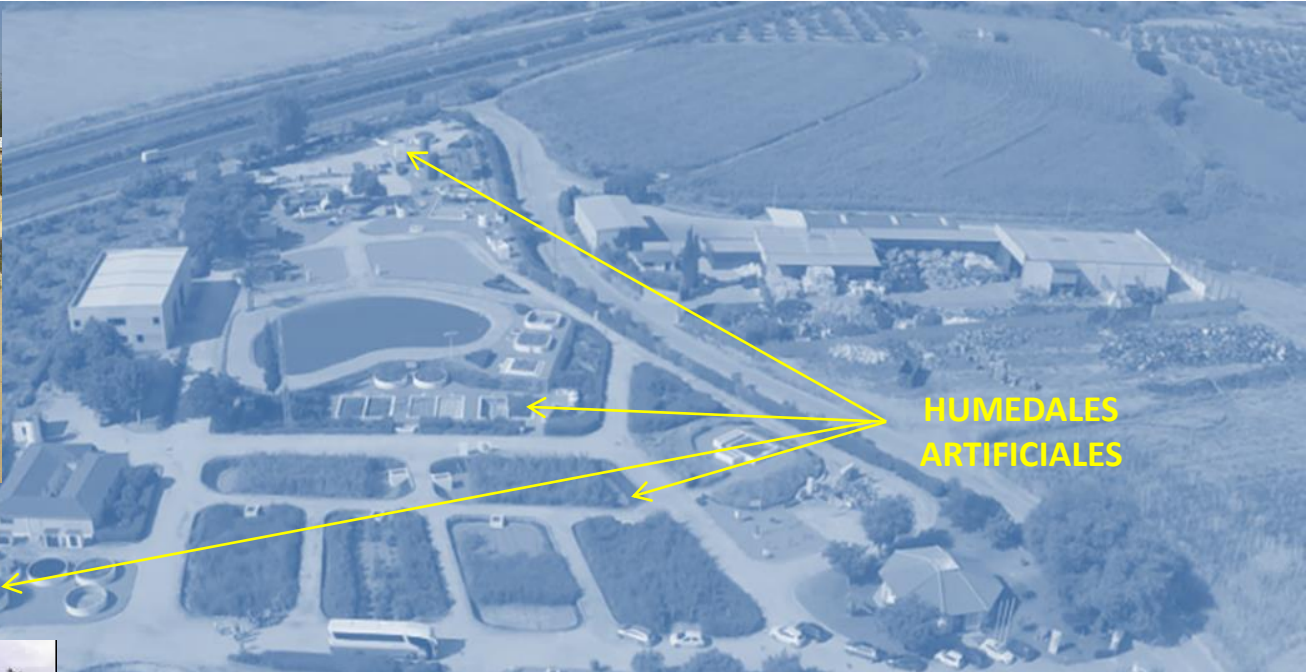
❖ CENTA es miembro del Comité ISO/TC 282 (Water reuse), de la Global Wastewater Initiative (United Nations Environment Program-UNEP), EIP Water Action Group: MEET-ME4WATER (electroquímica microbiana del agua), así como de varias plataformas del agua: WsstP, PLANETA ,IWA.

# EXPERIENCIAS DEL CENTA EN REUTILIZACIÓN DEL AGUA

## CENTRO EXPERIMENTAL I+D+i (Carrión de los Céspedes, Sevilla)



# HUMEDALES ARTIFICIALES



HUMEDALES  
ARTIFICIALES

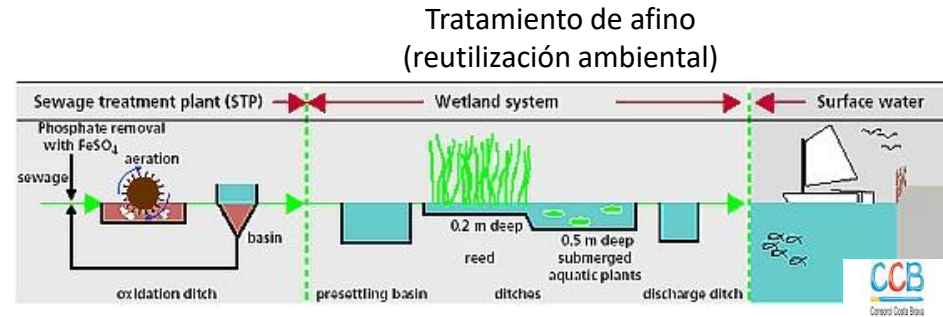
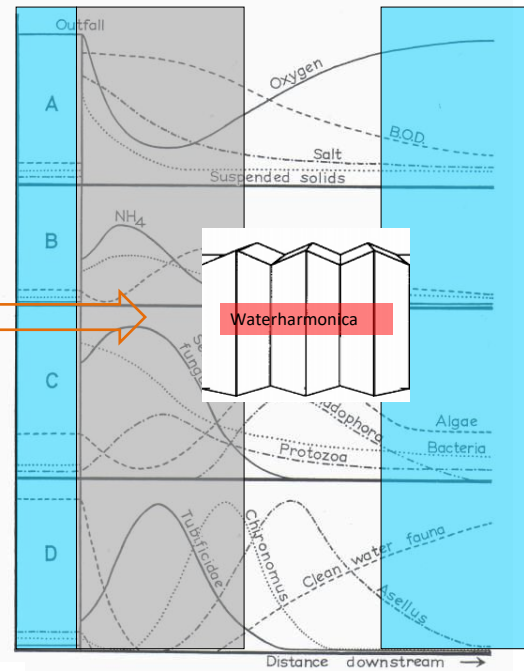


# HUMEDALES ARTIFICIALES (sistemas híbridos)

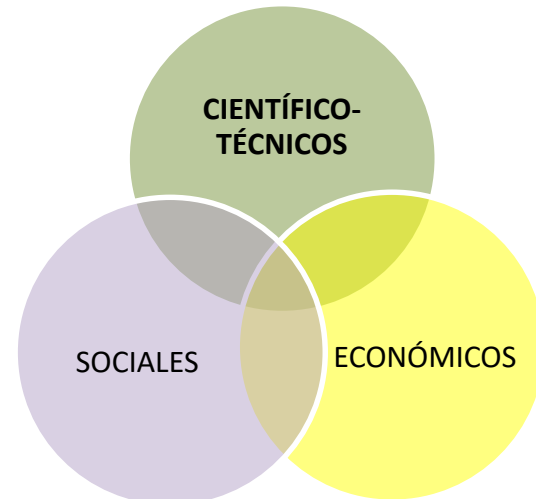


## The Waterharmonica:

Bridge between  
sewage treatment  
and  
surface water



La recuperación de zonas húmedas requiere la **participación coordinada de un equipo integrado**, que abarque los aspectos:





FI.SFVIER

Ecological Engineering

journal homepage: [www.elsevier.com/locate/ecoleng](http://www.elsevier.com/locate/ecoleng)

## Emerging organic contaminant removal in a full-scale hybrid constructed wetland system for wastewater treatment and reuse

Cristina Ávila<sup>a</sup>, Josep M. Bayona<sup>b</sup>, Isabel Martín<sup>c</sup>, Juan José Salas<sup>c</sup>, Joan García<sup>a,\*</sup>

<sup>a</sup> GEMMA – Group of Environmental Engineering and Microbiology, Department of Hydraulic, Maritime and Environmental Engineering, Universitat Politècnica de Catalunya-BarcelonaTech, c/ Jordi Girona, 1-3, Building D1, E-08034 Barcelona, Spain

<sup>b</sup> Department of Environmental Chemistry, IDAEA-CSIC, c/ Jordi Girona, 18-26, E-08034 Barcelona, Spain

<sup>c</sup> Foundation Centre for New Water Technologies (CENTA), Autovía Sevilla-Huelva (A-49), km. 28, Carrión de los Céspedes, E-41820 Sevilla, Spain

### ARTICLE INFO

**Article history:**  
Received 12 February 2014  
Received in revised form 23 June 2014  
Accepted 2 July 2014  
Available online xxx

**Keywords:**  
Endocrine disruptor  
Ibuprofen  
Pathogen removal  
Pharmaceuticals  
Treatment wetland

### ABSTRACT

A full-scale hybrid constructed wetland (CW) system based on three stages of different configurations showed to be a very robust ecotechnology for domestic wastewater treatment communities. It consisted of a 317-m<sup>2</sup> vertical subsurface flow (VF), a 229-m<sup>2</sup> horizontal (HF), and a 240-m<sup>2</sup> free water surface (FWS) CWs operating in series. VF and HF with *Phragmites australis* and the FWS contained a mixture of plant species. An excellent performance was exhibited on the elimination of conventional water quality parameter removal efficiency for TSS, BOD<sub>5</sub> and NH<sub>4</sub>-N; ( $n=8$ ), and its final effluent proved to be in accordance with Spanish regulations for various reuse applications. The removal of studied emerging contaminants included various pharmaceuticals, personal care products and endocrine disruptors (above 80% for all compounds), being compound dependent ( $n=8$ ). The high rates to high temperatures as well as the differing existing physico-chemical conditions of CW configurations, which would allow for the combination and synergy of various mechanisms to occur (e.g. biodegradation, sorption, volatilization, hydrolysis, photo aerobic metabolic pathways and solids retention) are enhanced in the VF bed, other such as anaerobic biodegradation and sorption would predominate in the HF bed. At the end through direct sunlight exposure, and less importantly, sorption onto organic matter an active part in organic contaminant removal in the FWS wetland.

© 2014 Elsevier B.V.

Author's personal copy



ELSEVIER

Ecological Engineering

journal homepage: [www.elsevier.com/locate/ecoleng](http://www.elsevier.com/locate/ecoleng)



## Integrated treatment of combined sewer wastewater and stormwater in a hybrid constructed wetland system in southern Spain and its further reuse

Cristina Ávila<sup>a</sup>, Juan José Salas<sup>b</sup>, Isabel Martín<sup>b</sup>, Carlos Aragón<sup>b</sup>, Joan García<sup>a,\*</sup>

<sup>a</sup> GEMMA Group of Environmental Engineering and Microbiology, Department of Hydraulic, Maritime and Environmental Engineering, Universitat Politècnica de Catalunya-BarcelonaTech, c/ Jordi Girona, 1-3, Building D1, E-08034, Barcelona, Spain

<sup>b</sup> Foundation Centre for New Water Technologies (CENTA), Autovía Sevilla-Huelva (A-49), km. 28, 41820 Carrión de los Céspedes, Sevilla, Spain

### ARTICLE INFO

**Article history:**  
Received 7 February 2012  
Received in revised form 5 July 2012  
Accepted 10 August 2012  
Available online 10 September 2012

**Keywords:**  
Combined sewer  
Constructed wetlands  
First-flush  
Reed beds  
Stormwater  
Treatment wetlands  
Urban wastewater  
Water reuse

### ABSTRACT

An integrated pilot-scale treatment system consisting of a vertical subsurface flow (317 m<sup>2</sup>), a horizontal subsurface flow (229 m<sup>2</sup>) and a free water surface (240 m<sup>2</sup>) constructed wetlands operating in series for the treatment of a combined sewer effluent was put into operation and monitored over a period of about 1.5 years. The goal of the treatment system was to provide effluents suitable for various water reuse applications. Moreover, the influence of pulses of high flow resulting from several rain events over the treatment performance of the system was evaluated. An intensive sampling campaign was also carried out following an intense storm (45 mm in one-hour span) to have a further insight into the characteristics of the inflowing water at the early part of it or so-called ‘first-flush’. Results under dry weather conditions showed a good performance on the removal of BOD<sub>5</sub>, COD and TSS taking place already in the vertical flow wetland (94, 85 and 90%, respectively). A high removal of total nitrogen occurred also in the vertical flow wetland (66%) suggesting both nitrification and denitrification to take place, presumably due to the existence of both aerobic and anoxic microenvironments within the bed. Removal of *Escherichia coli* along the treatment system was of almost 5 log units. To this respect, the horizontal flow and free water surface wetlands proved to be crucial treatment units to achieve a water quality suitable for further reuse (e.g. recharge of aquifers by percolation through the ground, silviculture and irrigation of green areas non accessible to the public). Although the occurrence of the storm event caused a prompt raise of COD and TSS within the first 30 min of rainfall (868 and 764 mg L<sup>-1</sup>, respectively), it was soon followed by a dilution effect. In general the storm events did not jeopardize the correct functioning of the system, proving its robustness for the treatment of a combined sewer effluent.

© 2012 Elsevier B.V. All rights reserved.

### 1. Introduction

Nowadays, it is estimated that the load of wastewater receiving inappropriate treatment in Spain (mostly small communities with less than 2000 people equivalent (PE)) corresponds to 3–4 million

Although no specific criteria or prescribed technologies for communities with less than 2000 PE have been specified, the plan aims at boosting the establishment and use of low-cost solutions to provide wastewater treatment to small communities.

To this regard, constructed wetlands constitute the most com-

# HUMEDALES ARTIFICIALES: aplicación de técnicas electroquímicas microbianas

Escala laboratorio



Escala piloto





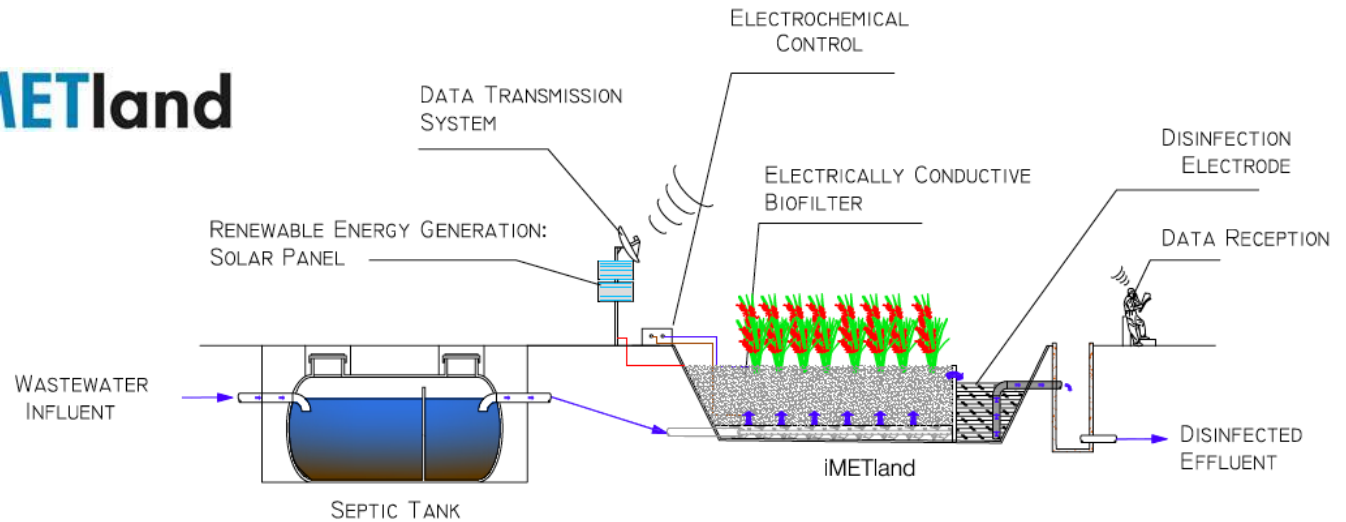
*iMETland: A new generation of Microbial Electrochemical Wetland for effective decentralized wastewater treatment. ([www.imetland.eu](http://www.imetland.eu))*







iMETland



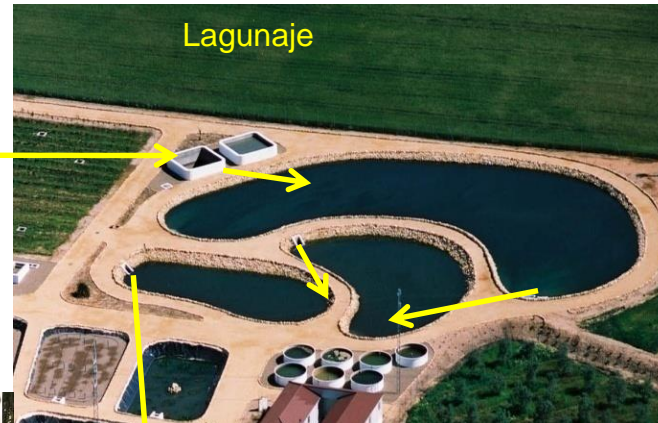
- Aumento del rendimiento de los biofiltros mediante la combinación de bacterias electroactivas + material conductor
- Electrodesinfección mediante generación *in situ* de cloro activo.
- Generación de agua residual tratada, apta para uso en agricultura
- Costes energéticos, cero (energía solar)
- Control remoto mediante el uso de TICs
- Validación de las unidades iMETland en cuatro ubicaciones: España, Dinamarca, Argentina y México.



GOBIERNO DE ESPAÑA

MINISTERIO DE ECONOMÍA, INDUSTRIA Y COMPETITIVIDAD

ARU



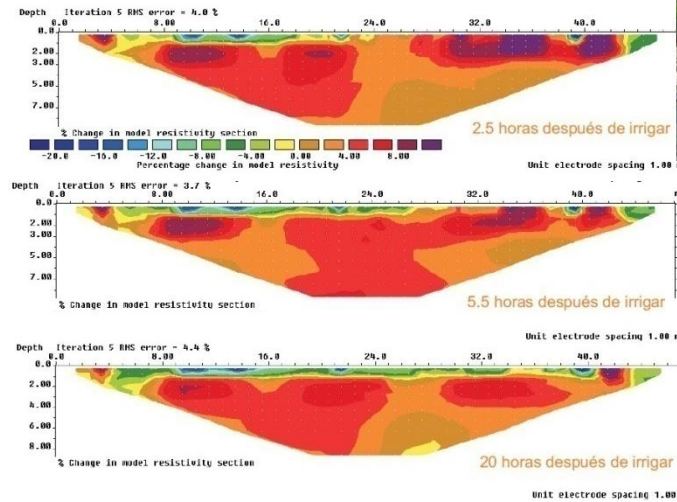
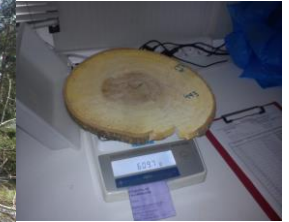
**FITRO VERDE EXTENSIVO**

superficie: 2.000 m<sup>2</sup>  
Caudal 10 m<sup>3</sup>/d  
TRH: 10-12 d

*E. camaldulensis* (324), (3 x 1) *P. euroamericana* (80), (5 x 2.5)

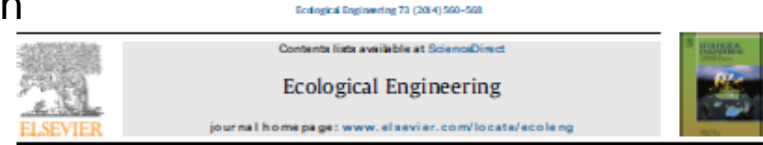


# EXTENSIVOS: Silvicultura para producción de biomasa- energía, eliminación contaminantes para recarga de acuíferos



Tomografía de resistencia eléctrica (ERT):  
flujo del agua

# INTENSIVOS: producción de biomasa- energía, evolución de propiedades del suelo con agua regenerada



## Treating municipal wastewater through a vegetation filter with a short-rotation poplar species

Angel de Miguel <sup>a,\*</sup>, Raffaella Meffe <sup>a</sup>, María Leal <sup>a</sup>, Víctor González-Naranjo <sup>a</sup>, Virtudes Martínez-Hernández <sup>a</sup>, Javier Lillo <sup>a,c</sup>, Isabel Martín <sup>d</sup>, Juan J. Salas <sup>d</sup>, Irene de Bustamante <sup>a,b</sup>

<sup>a</sup>Instituto de Agua, s.p.a. Edificio 2º 2º. Plano, 28002, Alcalá de Henares, Madrid, Spain  
<sup>b</sup>University of Alcalá de Henares, Departamento de Geología, 28071 Alcalá de Henares, Madrid, Spain  
<sup>c</sup>University of Rey Juan Carlos, ICGT, Departamento de Biología y Geología, C/Talpán s/n, 28030 Madrid Spain  
<sup>d</sup>New Water Technology Center (CONA), Avenida Sevilla-Baños (A-69) Km. 29, 41020 Carrón de los Olipatos, Sevilla, Spain

### ARTICLE INFO

Article history:  
 Received 20 May 2014  
 Received in revised form 27 August 2014  
 Accepted 17 September 2014  
 Available online xxx

Keywords:  
 Vegetation filter  
 Wastewater reuse  
 Vadose zone  
 Nitrate removal  
 Short rotation poplar

### ABSTRACT

The performance of a vegetation filter using a short-rotation coppice of poplars was evaluated over a 3-year period in terms of pollutant removal capacity. The vegetation filter was designed for scattered and small populations with no storage facilities and a wastewater application constrained by the own production of effluent. Wastewater effluent was pre-treated in an imhoff tank and applied to the vegetation filter. The chemical compositions of drainage water and groundwater were regularly monitored. Surface soil samples at the beginning and the end of the study were also collected. The monitored chemical species in drainage water and groundwater were DOC, COD,  $N_2$ ,  $NO_3^-$ -N,  $NH_4^+$ -N,  $P_2O_4^{3-}$ -P, and other major ions. Electrical conductivity, organic matter content (OC),  $NO_3^-$ -N, available P, cation exchange capacity and major cations were analysed for soil. The vegetation filter promoted efficient removal of wastewater-originated pollutants: DOC and COD removal reached values of 85%. A correlated increase in soil organic matter content was detected (from 10% to almost 28%). A similar removal capacity was observed for P<sup>-</sup> which is interpreted as due to plant uptake mechanisms and  $PO_4^{3-}$  precipitation in the presence of soil  $Ca^{2+}$ . Around 73% of  $N_2$  was removed. However, due to the high applied  $N_2$  load, the average  $N_2$  concentration in drainage water was about 41.9 mg/L, higher than the admissible concentration limit. When considering  $N_2$  mass, about 10% of the cumulative applied  $N_2$  leached through the vadose zone. Groundwater quality was not affected by the vegetation filter operation.

© 2014 Elsevier B.V. All rights reserved.

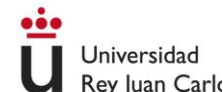
### 1. Introduction

Nature-based wastewater purification systems have been reported as a feasible solution for small municipalities and scattered populations with limited access to sewerage networks (Ortega et al., 2011). They came about as an alternative to conventional treatment systems given their advantages in terms of robustness, low management and maintenance costs, and environmental benefits, primarily related with low sludge production. Specifically, these systems imply reduced operational, energy and chemical requirements if compared to conventional methods (Dimitriou and Atkinson, 2011).

Vegetation filters (VF), a specific type of nature-based wastewater purification systems, involve the application of pre-treated and/or treated wastewater to a vegetated soil surface. Such a system relies on soil attenuation capacity and plant uptake to remove potential wastewater contaminants (i.e., nutrients). The use of fast-growing tree species with a high evapotranspiration rate, and the fact that their root systems showed excellent tolerance to anaerobic conditions, enable the application of considerable amounts of wastewater (Henschbach et al., 2005; Pearson and Lindroth, 1994). In Northern European climates, the most widely used tree species are willows (*Salix* spp.) whereas poplars (*Populus* spp.) or eucalyptus (*Eucalyptus* spp.) are mostly used in Southern climates (Dimitriou and Rosenqvist, 2011). Commonly, a VF is characterised by the low density of planted trees (300–500 plants/ha) and long cutting periods (12–17 years) (de Bustamante, 1990; Magaña and Wang, 2008; Saiz et al., 2004).

\* Corresponding author. Tel.: +34 913035902.  
 E-mail address: angel.demiguel@imdea.org (A.d. Miguel).

<http://dx.doi.org/10.1016/j.ecoleng.2014.08.029>  
 0254-4574/© 2014 Elsevier B.V. All rights reserved.



INTENSIVOS: producción de biomasa, recarga acuíferos, remediación de suelos (biochar a partir de restos de poda)



## Recarga de acuíferos



Palygorskita ←

Carbón activo ←

Zeolita ←

# Cultivo de *Jatropha curcas* (producción biodiesel)



DILIGENT

Multimedia personal copy

Ecological Engineering 50 (2013) 44–51



Contents lists available at SciVerse ScienceDirect

Ecological Engineering

journal homepage: [www.elsevier.com/locate/ecoleng](http://www.elsevier.com/locate/ecoleng)



## Short-term effects of reclaimed water irrigation: *Jatropha curcas* L. cultivation

A. de Miguel<sup>a,\*</sup>, V. Martínez-Hernández<sup>a</sup>, M. Leal<sup>a</sup>, V. González-Naranjo<sup>b</sup>, I. de Bustamante<sup>b,a</sup>, J. Lillo<sup>c,a</sup>, I. Martín<sup>d</sup>, J.J. Salas<sup>d</sup>, M.P. Palacios-Díaz<sup>e</sup>

<sup>a</sup> IDea Water Institute, C/Punto Net, n.º 4, Edificio ZYE, 2ª Planta, 28805, Alcalá de Henares, Madrid, Spain

<sup>b</sup> University of Alcalá de Henares, Departamento de Geología, 28871 Alcalá de Henares, Madrid, Spain

<sup>c</sup> University of Rey Juan Carlos, ESCET, Departamento de Biología y Geología, C/Tulipán s/n, 28933 Madrid, Spain

<sup>d</sup> New Water Technologies Center (CENTA), Autovía Sevilla-Huelva (A-49), Km. 28, 41820 Carrión de los Céspedes, Sevilla, Spain

<sup>e</sup> University of Las Palmas de Gran Canaria, Departamento de Patología Animal, Producción Animal y Ciencia y Tecnología de los Alimentos, C/Juan de Quesada, n.º 30, 35001 Las Palmas de Gran Canaria, Spain

### ARTICLE INFO

#### Article history:

Received 2 January 2012

Received in revised form 18 June 2012

Accepted 22 June 2012

Available online 21 July 2012

#### Keywords:

Irrigation

*Jatropha curcas* L.

Wastewater reuse

Bio-diesel

Bio-fuels

Climate change

### ABSTRACT

In a growing concern of water and energy availability decrease, the sustainable growth of *Jatropha curcas* L. may be a feasible and complementary alternative within the local non-conventional energies field. This study emphasizes the idea of using reclaimed water agriculture implemented as a complementary local energy option. The main goal of this work focuses on monitoring the environmental affections and feasibility of treated water reuse for *J. curcas* L. irrigation. Two parcels were irrigated with two different water qualities: well groundwater (WG) and reclaimed water (RW). Differences were found in terms of nitrate, ammonia, sulphate, chloride, dissolved organic carbon (DOC), chemical oxygen demand (COD) and metals concentrations between the two irrigation water qualities. However, after one year of study, no significant differences in the leaves composition were measured with the exception of Fe (WG = 85.17 and RW = 102.63 mg/kg) and Mn (WG = 83.98 and RW = 43.51 mg/kg). The statistical analysis shows no significant differences in height, collar diameter and crown diameter (WG = 142.4, 5.7 and 157.1 cm; RW = 143.5, 5.4 and 154.7 cm, respectively). So far the aquifer water quality was only slightly affected in terms of total nitrogen (Nr) after irrigation when rainfall took place. DOC and COD in groundwater were always below 5 and 15 mg/L, respectively. As a conclusion, wastewater reuse for irrigation does not provide a negative effect in *J. curcas* L. feasibility, becoming an alternative option in the renewable energy field. An environmental monitoring is necessary to guarantee a sustainable management.

© 2012 Elsevier B.V. All rights reserved.

### 1. Introduction

The non-regular spatial and temporal rainfall distribution in most of the Mediterranean countries, generates a high cost in getting water of good quality available at the required place and time (Angelakis et al., 1999). Irrigated agriculture is the main water

using groundwater as the main source of water. But this has generated groundwater overexploitation during the last decades, which in turn has limited the availability of this source of water.

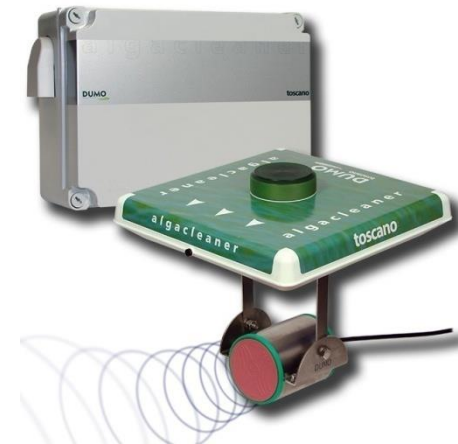
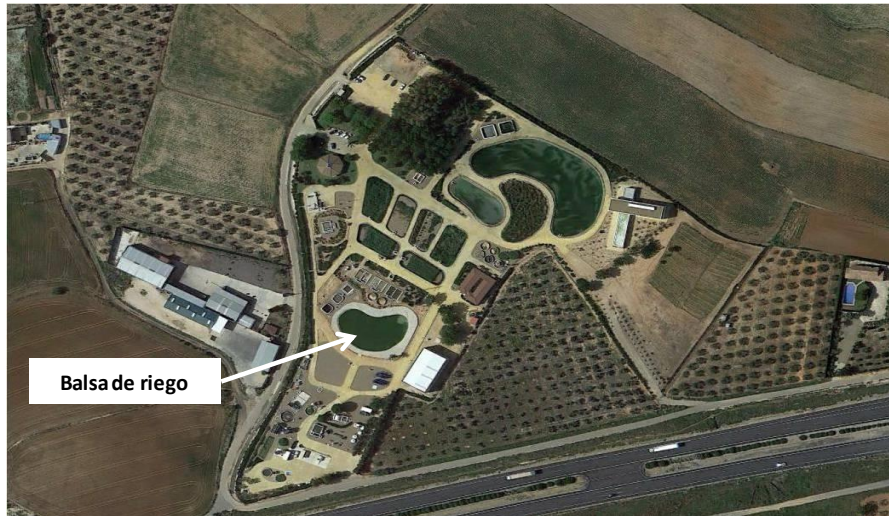
To cope with water scarcity coupled with a growing water demand, the reuse of wastewater effluents derived from wastewater treatment plants (WWTP) is considered as a technically and

## Cultivo de girasol (*Helianthus annuus*), producción de biodiesel, evolución de las propiedades del suelo con agua regenerada





# Tratamiento ultrasónico para eliminación de microalgas en balsas de riego





## Regeneración de aguas residuales con filtro intermitente de arena previamente depuradas mediante lagunaje y humedales artificiales

**Manuel Enrique López Sepúlveda** investigador del Departamento de Tecnologías del Medio Ambiente en la Universidad de Cádiz (UCA)  
**Juan José Salas Rodríguez** coordinador de área del Centro de las Nuevas Tecnologías del Agua (CENTA)  
**José María Quiroga Alonso** catedrático del Área de Tecnologías del Medio Ambiente en la Universidad de Cádiz (UCA)

Los filtros intermitentes de arena han sido utilizados para regenerar, y posteriormente reutilizar, efluentes provenientes de lagunas de maduración (WSP) y de diferentes tipos de humedales artificiales. El estudio de regeneración se divide en dos fases. En la primera se utilizó como alimentación para la regeneración el agua depurada procedente de un sistema de lagunaje. La regeneración se realizó mediante cuatro filtros intermitentes de arena (FIA) a escala de laboratorio. Para la segunda fase de regeneración se usó un filtro a escala piloto y agua depurada procedente del lagunaje y de los humedales artificiales. Los resultados obtenidos mostraron rendimientos en la eliminación de la turbidez y de los sólidos en suspensión mayores del 95%, mientras que para los *E. coli* se superó el 99% del rendimiento en algunos casos, lo que posibilita su uso en muchas de las aplicaciones recogidas en el PRD de reutilización.

**Palabras clave**  
 Regeneración, reutilización, pequeñas comunidades, filtros intermitentes de arena, lagunaje, humedales artificiales.

### *Reclaim of wastewater with intermittent sand filters previously treated by pond system and artificial wetlands*

*Intermittent sand filters have been used to reclaim and subsequently reuse effluents from maturation ponds (WSP) and different types of artificial wetlands. Regeneration study was divided into two phases. The first treated water for reclaim was from a pond system, was performed using four intermittent sand filters (ISF) laboratory scale. For the second phase was used at pilot scale ISF and reclaim water from the lagoons and constructed wetlands. Performances removing turbidity and suspended solids was higher than 95% and in some cases exceeded 99% in E. coli, making it suitable for use in many of the applications in Spanish normative of reuse.*

**Keywords**  
 Reclaim, reuse, small communities, intermittent sand filter (ISF), pond system, artificial wetlands.

## Biorreactores tipo Raceway



Unión Europea

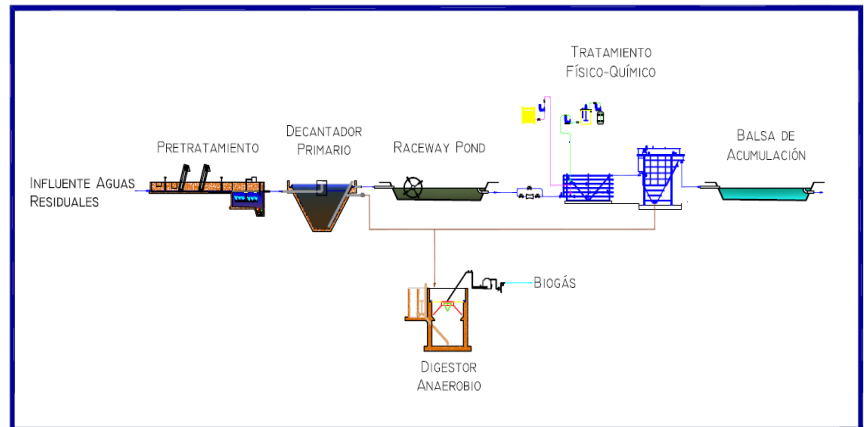
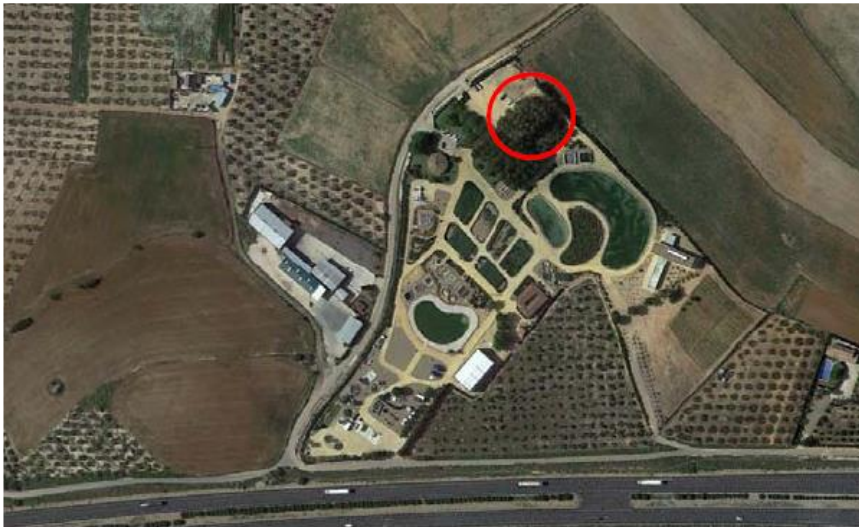


JUNTA DE ANDALUCÍA



Andalucía  
se mueve con Europa

*Mejoras en los sistemas de depuración por lagunaje para incrementar la calidad de sus efluentes, promover la reutilización de las aguas residuales tratadas y la generación de energía.*



## Control por imagen de la calidad de vertido de las estaciones depuradoras de aguas residuales- CONTRIMAG

Aplicación de técnicas de imagen que permitan disponer en tiempo real, y a bajo coste, de información sobre la calidad del agua tratada en las estaciones de tratamiento de aguas residuales



Correlación con parámetros de calidad del agua (SST, DBO<sub>5</sub>, DQO)

Modelo de predicción y fabricación de prototipo para aplicación a escala real



Unión Europea  
Fondo Europeo de Desarrollo Regional  
Invertimos en su futuro



La meta: reforzar la **excelencia científica y tecnológica** en el campo de la **gestión sostenible de los recursos hídricos**

L'objectif: renforcer l'**excellence scientifique et technologique** en matière de **gestion durable des ressources en eau**

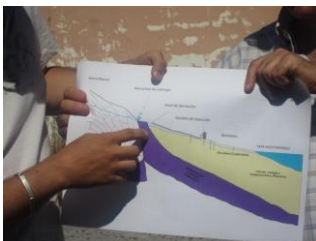
Socios beneficiarios / Partenaires bénéficiaires :



Entidades asociadas / Organismes associés :

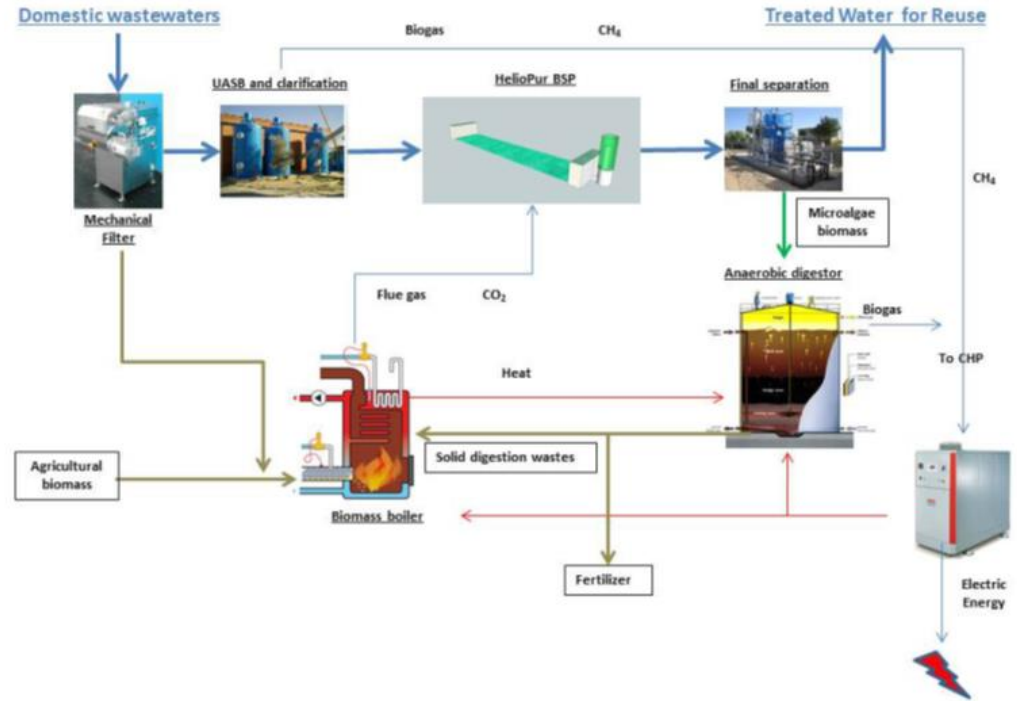


## Campus transfronterizo para la gestión sostenible de los recursos hídricos. (Campus EAgUa)



## Biosol Water Recycling (BioSolWare)

Demonstration wastewater treatment system dedicated to freshwater reuse and recycling  
LIFE13 ENV/FR/000711 ([www.life-biosol.eu](http://www.life-biosol.eu))



Uso de tecnología biológica (fotosíntesis algal) y solar (foto-oxidación)

- Reutilización del agua en riego agrícola
- Recuperación y valoración de gases efecto invernadero y residuos orgánicos.

## SARASWATI (VII FP): Supporting consolidation, replication and up-scaling of sustainable wastewater treatment and reuse technologies for India



- Análisis de la situación
- Diseño e implantación de tecnologías validadas EU e innovadoras en el contexto de India
- Evaluación de impactos: salud y medioambiente
- Aspectos institucionales y socio-culturales
- Herramientas para el escalado y extrapolación de resultados:
  - ❖ Guía para la aplicación de tecnologías
  - ❖ Guía técnica de diseño tecnológico
  - ❖ Recomendaciones para la reutilización y calidad de efluentes en la India

Seeking sustainable solutions for removing emerging contaminants in wastewater- 4KET4Reuse

El objetivo principal del proyecto es la validación y puesta en el mercado de cuatro tecnologías esenciales facilitadoras (KET) diseñadas para la eliminación de contaminantes emergentes de aguas regeneradas y su promoción en el mercado del Espacio SUDOE. Desde el diseño conceptual de las cuatro KET específicas, se adoptarán criterios de sostenibilidad y ecológicos, lo que significa una solución factible para poblaciones pequeñas y medianas.



**Procesos electrocinéticos**

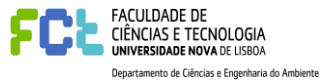
**Tratamientos bioelectrogénicos y sistemas de filtración en arcillas modificadas**



**Fotocatálisis**







## Target EC in SUDOE regions

EC	Category	Frequency of appearance (%)		
		Spain	France	Portugal
Ibuprofen	Anti-inflammatory	100	100	89
Atenolol	$\beta$ -blocker	100	100	44
Diclofenac	Anti-inflammatory	62	100	22
Ketoprofen	Anti-inflammatory	29	53	55
Carbamazepine	Anticonvulsant	3	72	11
Sulfametoxazol	Antibiotics	15	39	11
Claritromicine	Antibiotics	6	100	44
Venlafaxine	Antidepressant	100	100	-
Salicylic acid	Analgesic	100	-	100
Sotalol	$\beta$ -blocker	5	100	-
Tonalide	Fragrance	-	100	100
Trimetoprim	Antibiotics	3	100	-

Call - Industry 2020 in the Circular Economy, H2020-IND-CE-2016/17  
TOPIC: CIRC-02-2016-2017: Water in the context of the circular economy

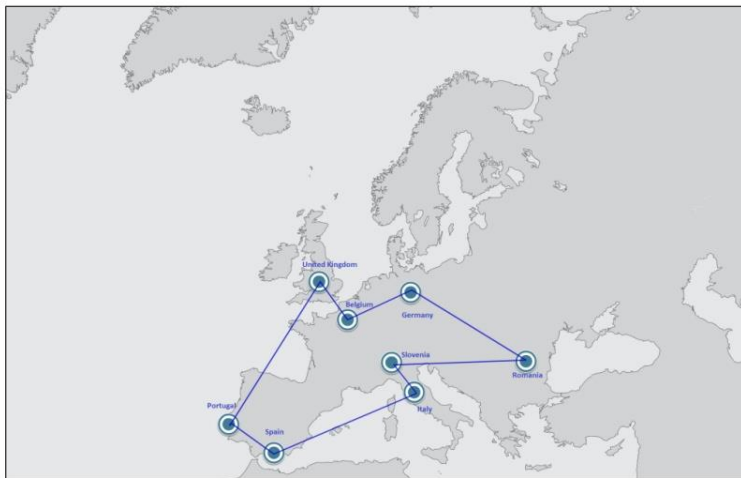


Demonstrating the potential of efficient nutrient recovery from water

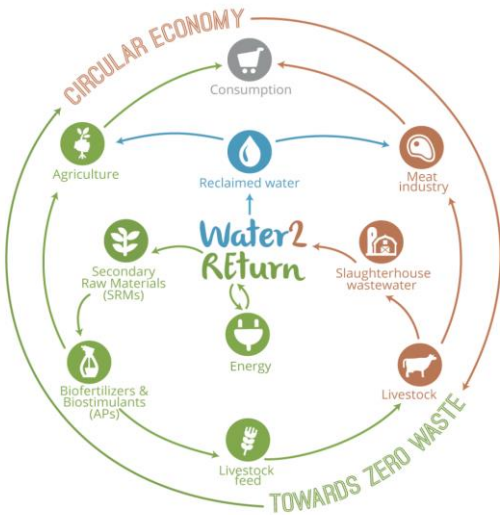
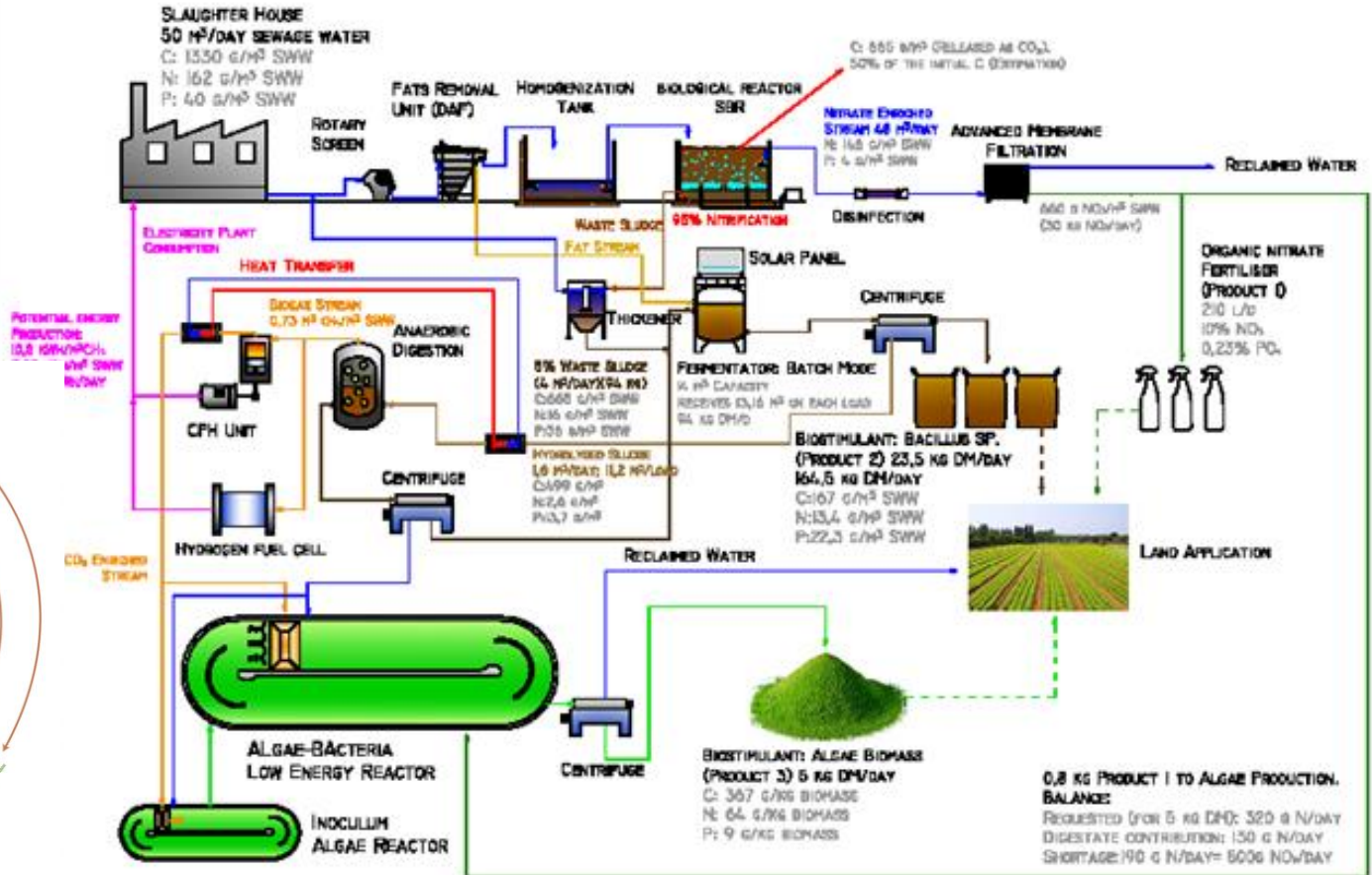
## REcovery and REcycling of nutrients TURNing wasteWATER into added-value products for a circular economy in agriculture (Water2REturn)

Water2REturn propone una solución integrada para las aguas residuales procedentes de mataderos, incluyendo la recuperación de nutrientes para su uso en agricultura, considerando los aspectos relevantes a nivel legal, social y de mercado, entre otros

Consorcio: 16 socios- 8 países: ES, PT, IT, DE, UK, BE, RO, SL



# RECUPERACIÓN Y RECICLAJE DE NUTRIENTES-ECONOMÍA CIRCULAR

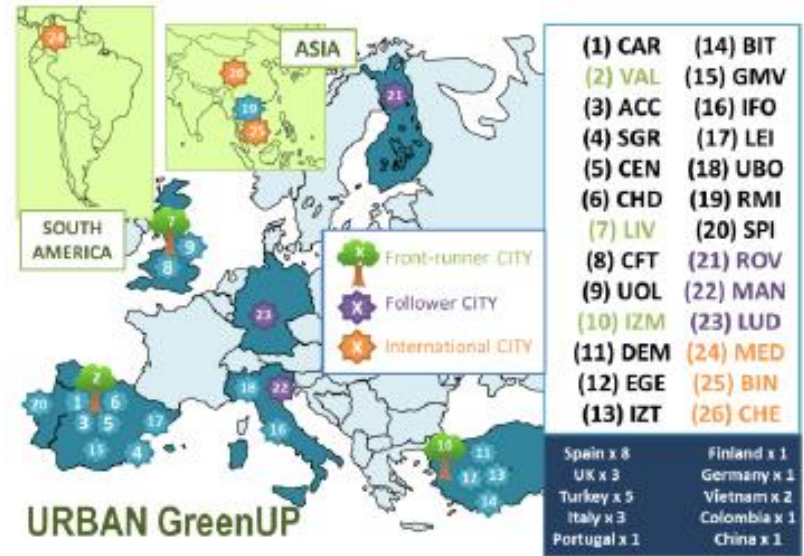




Call – Smart and sustainable cities, H2020-SCC-2016-2017

TOPIC: SCC-02-2016-2017

Demonstrating innovative nature-based solutions in cities



Public Bodies	SMEs	Large Enterprises	RTOs	University	TOTAL
11	5	2	5	3	26

## New Strategy for Re-Naturing Cities through Nature-Based Solutions (URBAN GreenUP)

Urban GreenUP tiene como objetivo desarrollar una metodología adaptada a (i) el desarrollo conjunto de los Planes de renaturalización urbana enfocados a la mitigación y adaptación al cambio climático y la gestión eficiente del agua, y (ii) contribuir a la implementación de soluciones basadas en la naturaleza.

## New Strategy for Re-Naturing Cities through Nature-Based Solutions (URBAN GreenUP)

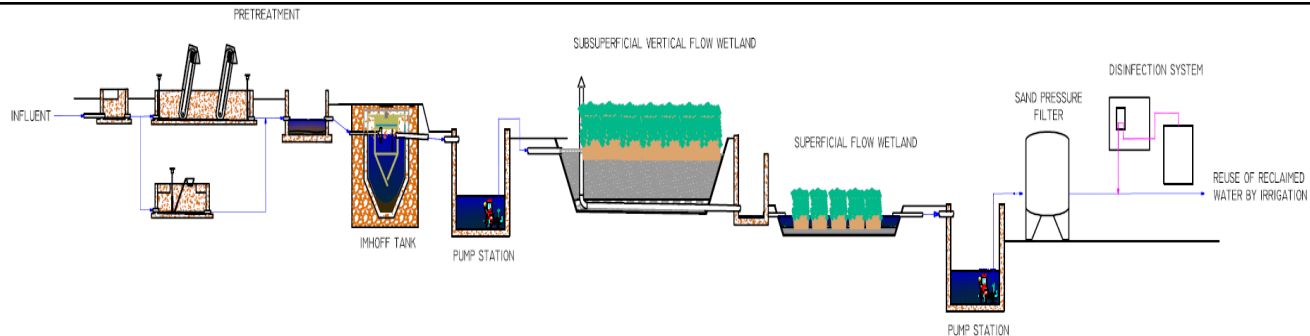


Figure 2.1: Aerial view of Sub-Demo A "Urban Green Corridor"

### VAc13-Natural Wastewater Treatment Plant

*Natural plant to treat urban water and irrigate surrounding green areas.*

Natural Wastewater Treatment Plant (NWTP) will have a surface of 9,000 m<sup>2</sup>. Design is based on Waterharmonica concept. NWTP will be made up by eight vertical SSFW working in parallel and followed by a SFW. The effluent of the wastewater treatment plant will fulfil the requirements for watering urban green areas. VAc13 includes the creation of a surrounding green area of 18,000 m<sup>2</sup> with 500 trees and the park. Park will include a Surface Flow Wetland of 3,200 m<sup>2</sup> will be managed as a self-sufficient ecosystem useful for recreational and social activities.



## New Strategy for Re-Naturing Cities through Nature-Based Solutions (URBAN GreenUP)

### C3.- Floodable park area (Esgueva River)



- Floodable park of near 40,000 m<sup>2</sup>.
- Green filter area with trees which will filter Esgueva River water.
- Urban Carbon Sink, with the plantation of trees with high capacity of Carbon sequestration.
- Urban orchard area in the Floodable park zone and an educational path.

Potenciación de la I+D+i de excelencia en materia de depuración de las aguas en pequeñas aglomeraciones urbanas- Proyecto IDIaqua



- El proyecto IDIaqua tiene como objetivo la potenciación de la investigación, a nivel de excelencia, en el ámbito de la depuración de aguas residuales en las pequeñas aglomeraciones urbanas y su posterior **reutilización**.
- Es imprescindible invertir en nuevas infraestructuras de depuración, pero debidamente adaptadas a las condiciones y particularidades de las pequeñas poblaciones para así garantizar su sostenibilidad ambiental y económica a largo plazo. En este sentido, la innovación en el sector del tratamiento de aguas residuales juega un rol fundamental, siendo ésta la base del proyecto IDIaqua.
- 4 actividades de carácter técnico:
  - Creación de la Red Tecnológica de Depuración de Aguas en Pequeñas Aglomeraciones Urbanas “IDIaqua”.
  - Desarrollo de Estrategia de I+D+i sobre Depuración de Aguas en Pequeñas Aglomeraciones Urbanas.
  - Mejora de infraestructuras de I+D+i (en CENTA).
  - Plan de proyectos demostrativos innovadores.

Potenciación de la I+D+i de excelencia en materia de depuración de las aguas en pequeñas aglomeraciones urbanas- Proyecto IDIaqua



- IDIaqua (0066\_IDIAQUA\_6\_E) cuenta con la participación de las siguientes regiones: Andalucía y Extremadura, por España, y Algarve y Beiras e Serra da Estrela, por Portugal.
- Los socios que conforman el consorcio IDIaqua son 17: Fundación Centro de las Nuevas Tecnologías del Agua (CENTA, España, Coordinador del proyecto), Universidad de Sevilla (España), Asociación de abastecimientos de agua y saneamientos de Andalucía Agrupación Empresarial Innovadora (ASAAndalucía, España), Fundación Centro Andaluz de Innovación y Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (CITIC, España), Universidad de Cádiz (UCA, España), Consorcio para la gestión de servicios medioambientales de la provincia de Badajoz (PROMEDIO, España), Águas do Algarve, SA (AdA, Portugal), Águas do Vale do Tejo, SA (AdVT, Portugal), Associação Parceria Portuguesa para a Água (PPA, Portugal), Universidad de Extremadura (UEX, España), Consejería de Medio Ambiente y Ordenación del Territorio de la Junta de Andalucía (CMAOT, España), Dirección General de Infraestructuras Consejería de Economía e Infraestructuras Junta de Extremadura (JUNTAEX, España), Universidade da Beira Interior (UBI, Portugal), Universidade do Algarve (UAlg, Portugal) y Gestión Integral del Agua de Huelva (GIAHSA, España).



SC/ WG	Identificación Norma	Denominación	Estado Actual
SC1/WG 1 Treated wastewater use for irrigation projects	ISO 16075- 1/2/3	Guidelines for treated wastewater use for irrigation: Part 1: The basis of a reuse project for irrigation. Part 2: Development of the project. Part 3: Components of a reuse project of irrigation.	Publicada 15/08/2016
	ISO 16075-4	Part 4 : Monitoring	Publicación esperada Diciembre 2017
SC1/WG 2 Adaptation of irrigation systems and practices to treated wastewater.	ISO/ANI/CD 20419	Irrigation equipment adaptation to treated wastewater. Guidelines.	Borrador en desarrollo
	ISO/AWI 22238	Disinfection and equivalent treatment for irrigation with treated wastewater to water reuse. A guideline to wastewater disinfection and equivalent treatments.	Borrador en desarrollo

SC/ WG	Identificación Norma	Denominación	Estado Actual
<p>SC2 Water reuse in urban areas.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• WG1: Centralized System Design.</li> </ul>	ISO/DIS 20760-1	Guidelines for Centralized Water Reuse System. Part 1: Design Principle of a Centralized Water Reuse System.	Borrador en desarrollo
<ul style="list-style-type: none"> <li>• WG2: Centralized System Management.</li> </ul>	ISO/DIS 20760-2	Guidelines for Centralized Water Reuse System. Part 2: Management of a Centralized Water Reuse System.	Borrador en desarrollo
<ul style="list-style-type: none"> <li>• WG3: Reclaimed Water Safety Evaluation.</li> </ul>	ISO/DIS 20761	Water Reuse in Urban Areas. Guidelines for Water Reuse Safety Evaluation. Assessment parameters and methods.	Borrador en desarrollo

SC/ WG	Identificación Norma	Denominación	Estado Actual
<p>SC3 Risk and performance evaluation of water reuse systems.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>WG1 Health risk</li> </ul>	ISO/CD 20426	Guidelines for health risk assessment and management for water reuse.	Borrador en desarrollo
	ISO/CD 20469-3	Guidelines for water quality grade classification for water reuse.	Borrador en desarrollo
<ul style="list-style-type: none"> <li>WG2 Performance evaluation</li> </ul>	ISO/AWI 20468-1	Guidelines for performance evaluation of treatment technologies for water reuse systems. Part 1: General.	Borrador en desarrollo
	ISO/NP 20468-2	Guidelines for performance evaluation of treatment technologies for water reuse systems. Part 2: Methods to evaluate environmental performance of treatment systems on the basis of greenhouse gas emissions.	Pendiente primer borrador
	ISO/AWI 20670	Water reuse terminology.	Borrador en desarrollo

SC/ WG	Identificación Norma	Denominación	Estado Actual
SC4 Industrial water reuse	ISO/WD 21939	Characterization of Energy consumption for Industrial Wastewater Treatment. Part 1: Biological Processes.	Borrador en desarrollo
<ul style="list-style-type: none"> <li>WG1 Characterization of Energy consumption for Industrial Wasterwater treatment.</li> <li>WG2 Guidelines for Industrial Wastewater Classification.</li> </ul>	ISO 22447	Industrial Wastewater Classification	Borrador en desarrollo
<ul style="list-style-type: none"> <li>WG3 Industrial Cooling Water Reuse</li> </ul>	ISO/NP 22449-1	Industrial cooling water reuse. Part 1: Classification for industrial cooling water systems.	Borrador en desarrollo
	ISO/NP 22449-2	Industrial cooling water reuse. Part 2: Guidelines for cost analysis.	Borrador en desarrollo
<ul style="list-style-type: none"> <li>WG4 Pilot Plan for Industrial Wastewater Treatment Facilities in the Objective of Reuse.</li> </ul>	ISO/NP 22524	Pilot Plan for Industrial Wastewater Treatment Facilities in the Objective of Reuse.	Borrador en desarrollo



**MUCHAS GRACIAS**

[imartin@centa.es](mailto:imartin@centa.es)