



LIFE Project Number  
< **LIFE11 ENV/ES/000503** >

**FINAL Report**  
Covering the project activities from **01/06/2012** to **30/11/2015**

Reporting Date  
< **15/06/2016** >

LIFE+ PROJECT NAME or Acronym  
< **LIFE WATOP** >

Project Data

<b>Project location</b>	Los Arcos (Navarra, España)
<b>Project start date:</b>	<01/06/2012>
<b>Project end date:</b>	<30/11/2015>
<b>Total Project duration (in months)</b>	<42> months
<b>Total budget</b>	963.774 €
<b>Total eligible budget</b>	963.774 €
<b>EU contribution:</b>	481.887 €
<b>(%) of total costs</b>	50
<b>(%) of eligible costs</b>	50

Beneficiary Data

<b>Name Beneficiary</b>	Centro Tecnológico Lurederra
<b>Contact person</b>	<Mr> <Claudio Fernández Acevedo>
<b>Postal address</b>	< Área Industrial Perguita C/ A nº 1 (31210 – Los Arcos) Navarra >
<b>Visit address</b>	< Área Industrial Perguita C/ A nº 1 (31210 – Los Arcos) Navarra >
<b>Telephone</b>	+34 948 640 318
<b>Fax:</b>	+34 948 640 319
<b>E-mail</b>	claudio.fernandez@lurederra.es
<b>Project Website</b>	<a href="http://www.watop-life.eu">http://www.watop-life.eu</a>

# 1. RESUMEN PROYECTO

El principal objetivo del proyecto WATOP es desarrollar un tratamiento terciario demostrativo para la eliminación de PPCPs de las aguas residuales mediante una nueva tecnología que consiste en nanoresinas de poliamidoamina (PAA) reticuladas con ciclodextrinas (CD). De forma desglosada los objetivos específicos del proyecto son los siguientes:

## Objetivos técnicos y medioambientales:

- Desarrollar una planta demostrativa para eliminación de PPCPs de las aguas residuales basada en nanoresinas de PAA reticuladas con CD.
- Obtener una planta demostrativa para eliminación de PPCPs energéticamente eficiente.
- Desarrollar una tecnología de larga vida útil.
- Aumentar la calidad del agua mediante la reducción de la concentración de contaminantes en los vertidos de aguas residuales a los ríos.
- Mejorar la protección ambiental de acuerdo a la “Directiva Europea del Agua”.
- Reducir la huella de carbono de la actividad humana.

Durante el proyecto se han llevado a cabo las acciones específicas para conseguir los resultados esperados, siendo los más destacables los siguientes:

- Se han desarrollado unas nanoresinas basadas en ciclodextrinas, con propiedades idóneas para la eliminación de PPCP de aguas.
- Se ha conseguido desarrollar una planta piloto demostrativa para la eliminación de PPCP de aguas residuales utilizando dichas nanoresinas.
- Se han llevado a cabo diferentes acciones como estudios de impacto ambiental, diseminación, gestión del proyecto, manuales, para conseguir los objetivos deseados.

A continuación se detallan de manera resumida las actividades llevadas a cabo y los resultados obtenidos durante el proyecto WATOP llevado a cabo durante estos 42 meses:

### Acción A.1: Requerimientos técnicos para la implementación in situ del equipo de depuración

Durante esta acción se ha realizado el análisis y establecimiento de los datos de partida (proceso, instalaciones, lay-out, características técnicas y condiciones de trabajo) de la EDAR de Estella. Caracterización del nivel de PPCPs del agua residual a la entrada de la EDAR de Estella así como a la salida tras ser tratada en el tratamiento terciario, estudio de demandas energéticas y medición de caudales en la EDAR, establecimiento de los requerimientos técnicos del dispositivo de depuración y su localización en la EDAR.



EDAR Estella

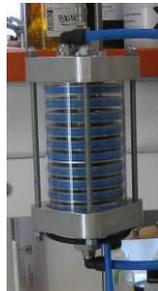
### Acción B.1: Desarrollo a escala piloto del dispositivo de depuración

Se ha realizado la producción optimizada de nano-resinas de CD/PAA, la caracterización de estas nano-resinas en cuanto a capacidad de adsorción de PPCPs y la obtención de material filtrante. A continuación se muestra un ejemplo de nano-resinas obtenidas:



*Nano-resinas*

A su vez se diseñó y desarrolló con éxito un sistema de filtrado a escala de laboratorio para acoplarlo en la planta piloto de tratamiento de aguas de Lurederra. El filtro consta de una carcasa donde se incluye el material filtrante colocado en un soporte extraíble (para conseguir una eliminación óptima de los micro-contaminantes objetivo), consiguiendo así un filtro prototipo a escala laboratorio



*Filtro prototipo laboratorio*

Acción B.2: Pruebas a escala piloto de la capacidad depurativa del equipo en cuanto a eliminación de PPCPs, y reajuste de parámetros.

Tras el desarrollo del dispositivo de depuración piloto, se procedió a la realización de ensayos para evaluar tanto el comportamiento del material filtrante como la capacidad de purificación de la nano-resina. Para ello se realizaron diversos ensayos con aguas simuladas y con aguas reales, hasta definir los parámetros óptimos de purificación del agua.

Se han realizado diversas pruebas y se ha determinado que tanto el tiempo de contacto entre la resina y el microcontaminante, como la concentración de PPCPs en las aguas son parámetros que tienen una gran influencia en la efectividad de la nano-resina. Por lo que en aguas con unas concentraciones muy bajas (del orden de ppb) se requieren altos tiempos de contacto para alcanzar la eliminación objetivo del proyecto.

Se han alcanzado rendimientos de eliminación del 50% en 60 segundos, y del 94% en 10 minutos.



*Pruebas a escala laboratorio*

### Acción B.3 Implementación del prototipo demostrativo en planta de depuración de aguas

Tras la evaluación de los resultados obtenidos durante las pruebas con aguas reales en la acción B.2, se concluyó que cualquier cambio en los parámetros de filtración (principalmente del tiempo de contacto) podría dar lugar a cambios en la efectividad de la nanoresina.

Durante esta tarea y tras estudiar diferentes sistemas de tratamiento se seleccionó el más adecuado y se diseñó y dimensionó el filtro a escala demostrativa teniendo en cuenta los materiales más adecuados para su fabricación.

Se ha realizado un diseño de la planta piloto demostrativa que consta de 10 filtros que depuran el agua de forma vertical (desde abajo hacia arriba) asegurando un contacto homogéneo del PPCP con la nanoresina, evitando los problemas de colmatación que suponía otros diseños evaluados.

Una vez fabricado, se realizó el montaje del dispositivo para su posterior puesta en marcha e implementación en la EDAR de SMSA en Estella



**Prototipo demostrativo**

### Acción B.4 Pruebas de funcionamiento in situ a escala semi industrial:

Se desarrollaron las nanoresinas a escala demostrativa y se caracterizaron para comprobar que se había obtenido el producto deseado.



**Nanoresina**

Se llevaron a cabo diferentes pruebas para verificar el funcionamiento y resultados de la planta demostrativa.

Se realizó un control del agua de entrada y de salida, de la concentración de PPCPs eliminados, del tiempo de saturación de los filtros y del tiempo de saturación de la resina, consiguiendo un control completo del filtro para obtener unos resultados de calidad y óptimos.

Tras los resultados obtenidos se puede decir que:

- La resina ofrece resultados satisfactorios durante los primeros meses de vida y se puede regenerar.
- Los parámetros de Temperatura y pH no afectan a la efectividad del proceso.
- La resina ofrece obstrucción de los poros de salida del agua en los filtros, solucionando el mismo con una autolimpieza con el sistema propio del filtro.



*Pruebas*

#### Acción C.1: Monitorización del impacto del proyecto en el principal objetivo público y en el problema ambiental objetivo.

Durante esta acción se ha efectuado una supervisión de los objetivos del proyecto a través de los indicadores definidos en cada una de las tareas, se ha conseguido así controlar y detectar posibles errores y desviaciones derivadas de las acciones del proyecto.

#### Acción D.1: Página Web del proyecto.

La acción D.1 ha sido una acción continua durante toda la duración del proyecto, iniciando con la creación de la página Web en noviembre de 2012, con la siguiente dirección (<http://www.watop-life.eu/>) y actualizándola con documentación durante todo el proyecto. Además se utiliza como un medio para intercambiar información entre los diferentes socios del proyecto y como medio de difusión, sirviendo de escaparate para otros posibles proyectos.

Se han ido actualizando los apartados de documentación y galería y de noticias, networking y enlaces. En el apartado primero se ha actualizado con documentos de difusión generados durante el proyecto así como con fotos de los desarrollos realizados. En el segundo apartado nombrado se ha incluido la parte de networking y se ha actualizado con noticias relativas al proyecto como reuniones realizadas, jornadas a las que se ha asistido, workshop, proyectos con los que se ha hecho networking y otras noticias que han sido de interés para el proyecto.

#### Acción D.2: Paneles informativos LIFE.

Además de la página Web otra actividad de difusión han sido los paneles informativos. Durante esta tarea se han realizado dos carteles del proyecto por parte del coordinador Lurederra, donde se muestran los datos más relevantes del mismo. Uno de los carteles se encuentra colgado en las instalaciones de Lurederra para hacer una difusión del mismo y el otro cartel realizado ha sido colocado en las instalaciones de SMSA, en la Estación Depuradora de Aguas Residuales de Estella.

#### Acción D.3: Informe Layman.

Se ha llevado a cabo la redacción del informe Layman tal y como marcan las bases LIFE+, con los avances y resultados del proyecto incluyendo a su vez el logo life y el apoyo

financiero del programa tanto en castellano como en inglés. Se ha colgado en la Web del proyecto para su difusión.

#### Acción D.4: Otras actividades de difusión.

Se han llevado a cabo actividades de difusión del proyecto mediante asistencias a jornadas, conferencias, workshop, así como mediante publicaciones en la newsletter de SMSA, además de publicar noticias en la propia página Web del Centro Tecnológico Lurederra y realizar folletos para la difusión del proyecto tanto en inglés como en castellano. Destacar la realización de un Workshop del proyecto realizado en el mes de noviembre que ha contado con la asistencia tanto de los socios como de público interesado en el sector del agua. En dicho Workshop se presentaron varios proyectos relacionados con dicho sector tanto de Lurederra como de otras compañías.

#### Acción E.1: Gestión del proyecto por Lurederra.

La gestión del proyecto se ha realizado de una forma continua y constante por parte de Lurederra. Dentro de todas las actividades realizadas cabe destacar las reuniones de seguimiento realizadas por todos los socios cada 6 meses, así como una comunicación muy fluida entre ellos durante todo el proyecto.

Por otro lado, Lurederra como coordinador, ha ido recopilando y organizando la información financiera que los socios envían cada tres meses. Con los gastos generados en el proyecto se han completado los documentos financieros que marca la convocatoria “Financial reporting” donde se muestran los gastos incurridos por partidas y por socio.

#### Acción E.2: Networking con otros proyectos.

Las actividades que se han llevado a cabo han sido la búsqueda y establecimiento de contacto con personas participantes en otros proyectos relacionados con el tratamiento de aguas residuales y la búsqueda de nuevas técnicas de eliminación de contaminantes. Debido a la necesidad detectada durante el proyecto se generó un nuevo apartado en la Web del mismo para introducir los proyectos con los que se ha realizado dicha acción, el apartado inicialmente se llamaba noticias y enlaces ya hora tiene como título Noticias, networking y enlaces.

Durante esta tarea, se puede decir que se han realizado con éxito actividades de networking en los cuales se ha intercambiado información entre los proyectos de manera que, aunque no sean objetivos iguales sí, se han podido sacar conclusiones satisfactorias como:

- Que las ciclodextrinas son buenas herramientas para eliminación debido a sus propiedades para de sustancias en nuestro caso medicamentos.
- Que las aguas residuales requieren de otros procesos para conseguir mejorar el agua en calidad, impacto medioambiental, etc.
- Que los procesos de purificación actuales no son suficientes para la total purificación de las aguas residuales generadas.
- Que vamos en una línea adecuada, debido a la concienciación que hay que tomar con el medio ambiente.
- Que sistemas con procesos o que usan productos químicos pueden requerir de otros procesos naturales para conseguir entre ambos una eficiencia del 100 % de mejora del agua.

#### Acción E.3: Plan de comunicación posterior

Se ha llevado a cabo la redacción de un informe de Plan de comunicación donde se han descrito los pasos a seguir para difundir los resultados obtenidos a nivel nacional redactado tanto en castellano como en inglés.

#### Acción E.4: Auditoria.

Durante esta acción se llevó a cabo la selección de un auditor para poder comprobar los estados financieros del proyecto, de forma que se pueda certificar que cada socio ha realizado los gastos justificados.

## ASPECTOS SIGNIFICATIVOS

Si se toma en consideración que el crecimiento de la población mundial genera miles de millones de metros cúbicos de agua residual, unido a la falta de agua en regiones altamente pobladas y con gran desarrollo agrícola e industrial, conseguir un mejor aprovechamiento del agua depurada disponible se convierte en un gran desafío. Entre los contaminantes, que no son eliminados por los tratamientos convencionales en las plantas depuradoras están los PPCPs, la Agencia de Protección Ambiental (EPA) define los PPCPs como "cualquier producto usado por los individuos para la salud personal o razones cosméticas o usado por el negocio agrícola para mejorar el crecimiento o la salud del ganado". Esta definición engloba, por tanto, más de 6 millones de compuestos orgánicos químicos que se consumen extensamente en la sociedad moderna (se estima que esta cifra aumenta cada año entre un 3 y un 4%), como por ejemplo cosméticos (fragancias, maquillajes, etc.), pesticidas, productos del hogar (desengrasantes, limpia cristales, detergentes, etc.) y principalmente productos farmacéuticos de diversa naturaleza, que se utilizan para tratar y para prevenir enfermedades humanas y animales. La mayoría son sustancias persistentes y bioacumulativas, policíclicas y aromáticas de alto peso molecular, difícilmente asimilables por bacterias.

Los PPCPs están considerados como Contaminantes Emergentes y por el momento carecen de regulación legislativa. En los últimos años se han comenzado a realizar análisis de estos compuestos a nivel europeo, obteniéndose resultados tan significativos como la presencia de 140kT/año de champú en las aguas residuales de Alemania, 300T/año de antibióticos en países como España, Italia y Francia, cifra que se incrementó hasta alcanzar las 600T/año en Alemania, o 2.000T/año de paracetamol y 770T/año de ácido salicílico en el Reino Unido (Datos EPA 2007). Sin embargo, existe todavía muy poca información sobre la dispersión de estos contaminantes en el medio acuático y sobre la toxicidad que originan. Una muestra de la importancia que tienen estos residuos en el agua es que actualmente hay una propuesta de directiva del parlamento europeo del consejo 2011/0429 por la que se modifican las Directivas 2000/60/CE y 2008/105/CE en cuanto a las sustancias prioritarias en el ámbito de la política de aguas.

A 31/01/2012 algunos medicamentos como el  $17\alpha$  etinilestradiol (anticoncepción),  $17\beta$  estradiol (tratamiento hormonal: hipoestrogenosis) y el diclofenaco (microcontaminante objetivo del proyecto) han sido incluidos en las listas de sustancias prioritarias (es decir sustancias con riesgo significativo para el medio acuático).

Debido a ello durante el proyecto WATOP se ha desarrollado una planta piloto demostrativa para la eliminación PPCPs de las aguas residuales, mediante el uso de una nueva tecnología basada en nanopartículas, con el fin de mejorar, por tanto, la calidad del agua y la gestión de los recursos hídricos. Esta tecnología se basa en el uso de una formulación de nano-resinas (PAA/CD), cuya efectividad ha sido probada con anterioridad para la eliminación de microcontaminantes, por lo que se trata de implementarlo materializándolo en una planta piloto altamente eficiente en la eliminación de PPCPs incluida dentro del tratamiento terciario de las estaciones depuradoras de aguas residuales (EDAR).

Los resultados obtenidos durante el proyecto se pueden decir que han sido óptimos teniendo en cuenta los resultados planteados en la memoria. Se muestran en la siguiente tabla los objetivos esperados frente a los alcanzados observando que los objetivos se han cumplido casi al 100 %:

Objetivo de la planta WATOP	Esperados	Alcanzados
Capacidad tratamiento 3000 m <sup>3</sup> /día Consumo 0,9-1,2 Kwh/m <sup>3</sup>	3000 m <sup>3</sup> /día 0,9-1,2 Kwh/m <sup>3</sup>	1000 m <sup>3</sup> /día (Modular-con 2 módulos más 3.000 m <sup>3</sup> /día) 0,11 Kwh/m <sup>3</sup>
Rendimiento retención residuos	92-94 %	50 % 60 segundos 94 % 10 minutos
Alto rendimiento condiciones pH y Temperatura	pH 3-10 T 1-25 °C	pH 7-8 no afecta T < 50 °C
Regeneración resina condiciones suaves	T < 120 °C	T 60 °C
Reducir problemas obstrucción	Sistemas para ampliar la vida útil	Sistema autolimpieza con agua
Presiones de trabajo	P < 15 bares	P < 15 bares
Costes económicos proceso	No exceder de 0,2-0,12 €/m <sup>3</sup>	Coste de 0,12 €/m <sup>3</sup>

Actualmente, los tratamientos terciarios existentes para la purificación de agua que cumplan con los exigentes estándares de calidad son escasos (oxidación avanzada, nano-filtración, ósmosis inversa), y rara vez se implementan en las EDAR, debido a la baja competitividad que ofrecen y la elevada inversión que requieren. El proyecto WATOP se ha centrado en la búsqueda de “la mejora de la eficiencia energética y el uso de sistemas de alto rendimiento para el tratamiento de agua”. En este sentido, el rendimiento objetivo de eliminación conseguido ha sido de un 94% de los PPCPs existentes en el agua residual requiriendo de tiempos altos de estancia del agua en la resina, por lo que el porcentaje objetivo seleccionado ha sido finalmente del 50 % requiriendo para ello de tiempos bajos de contacto del agua con la resina. Como se puede ver en los estudios medioambientales el sistema desarrollado ofrece un impacto menor que sistemas de similar capacidad de ósmosis inversa, por lo que desde el punto de vista energético, será más eficiente.

Con los desarrollos llevados a cabo se espera conseguir una reducción de los residuos emergentes de aproximadamente un 50 % en las aguas vertidas a ríos tras la depuración, siendo este viable técnica y medioambientalmente. De esta forma se conseguirá que el agua vertida a ríos sea más limpia que la vertida actualmente, y a su vez se consiga eliminar productos que hasta ahora no están legislados pero que en breve podrán estarlo, dando así una solución al problema actual.

Los resultados esperados a largo plazo tras la ejecución del proyecto incluyen una concienciación medioambiental, en el sentido de que se pretende actuar en la prevención del problema existente y se plantean soluciones a los mismos. En este sentido se potencia la eliminación de contaminantes en las aguas, promoviendo el concepto de que es posible unas aguas más puras y con menos sustancias contaminantes que las actuales. Por otro lado se realizará un estudio para la ubicación de posibles réplicas de la planta en zonas estratégicas, estudiando inicialmente en la zona de Navarra para extrapolar los resultados al resto de comunidades autónomas a nivel estatal.