



# INFORME ANUAL CIESOL

CIESOL ANNUAL REPORT

# 2018



## CIESOL

Centro de Investigación en Energía Solar

Centro Mixto UAL-PSA-CIEMAT

Solar Energy Research Center

JOINT CENTER UAL-PSA CIEMAT



UNIÓN EUROPEA  
"Una manera de hacer Europa"



## Empresas



# ÍNDICE

---

|                                                                                                                                     |    |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 1. RESUMEN EJECUTIVO                                                                                                                | 1  |
| 2. ACTIVIDADES DEL CENTRO DE INVESTIGACIÓN DE LA ENERGÍA SOLAR (CIESOL)                                                             | 13 |
| 2.1 ACTIVIDADES EN “QUÍMICA ORGANOMETALICA Y FOTOQUÍMICA”                                                                           | 13 |
| 2.1.1 Descripción de la unidad                                                                                                      | 13 |
| 2.1.2 Líneas estratégicas del grupo                                                                                                 | 13 |
| 2.1.3 Investigadores principales del grupo                                                                                          | 13 |
| 2.1.4 Resumen de la actividad desarrollada en CIESOL durante 2018                                                                   | 14 |
| 2.1.5 Colaboración con otras Unidades Funcionales de CIESOL durante 2018                                                            | 14 |
| 2.1.6 Recursos humanos de la Unidad Funcional incluyendo la incorporación de nuevo personal: becas, contratos pre y post doctorales | 14 |
| 2.1.7 Producción científica                                                                                                         | 14 |
| 2.1.8 Miembros del la unidad                                                                                                        | 16 |
| 2.1.9 Proyectos vigentes durante 2018                                                                                               | 17 |
| 2.1.10 Participación en Redes durante 2018                                                                                          | 18 |
| 2.1.11 Transferencia y Actividades Complementarias                                                                                  | 18 |
| 2.1.12 Actividades de Difusión                                                                                                      | 18 |
| 2.1.13 Proyectos solicitados durante 2018                                                                                           | 18 |
| 2.1.14 Otros                                                                                                                        | 19 |
| 2.2 ACTIVIDADES EN “ANÁLISIS AMBIENTAL”                                                                                             | 20 |
| 2.2.1 Descripción de la unidad                                                                                                      | 20 |
| 2.2.2 Líneas estratégicas del grupo                                                                                                 | 20 |
| 2.2.3 Investigadores principales del grupo                                                                                          | 20 |
| 2.2.4 Resumen de la actividad desarrollada en CIESOL durante 2018                                                                   | 21 |
| 2.2.5 Colaboración con otras Unidades Funcionales de CIESOL durante 2018                                                            | 22 |
| 2.2.6 Recursos humanos de la Unidad Funcional incluyendo la incorporación de nuevo personal: becas, contratos pre y post doctorales | 22 |
| 2.2.7 Producción Científica                                                                                                         | 23 |
| 2.2.8 Miembros del la unidad                                                                                                        | 26 |
| 2.2.9 Proyectos vigentes durante 2018                                                                                               | 27 |
| 2.2.10 Participación en Redes durante 2018                                                                                          | 29 |
| 2.2.11 Transferencia y Actividades Complementarias                                                                                  | 30 |
| 2.2.12 Actividades de Difusión                                                                                                      | 30 |
| 2.2.13 Proyectos solicitados durante 2018                                                                                           | 30 |
| 2.2.14 Otros                                                                                                                        | 30 |
| 2.3 ACTIVIDADES EN “TECNOLOGÍAS AVANZADAS PARA LA REGENERACIÓN DE AGUAS”                                                            | 32 |
| 2.3.1 Descripción de la unidad                                                                                                      | 32 |

|                                                                                                                                     |    |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 2.3.2 Líneas estratégicas del grupo                                                                                                 | 32 |
| 2.3.3 Investigadores principales del grupo                                                                                          | 32 |
| 2.3.4 Resumen de la actividad desarrollada en CIESOL durante 2018                                                                   | 33 |
| 2.3.5 Colaboración con otras Unidades Funcionales de CIESOL durante 2018                                                            | 33 |
| 2.3.6 Recursos humanos de la Unidad Funcional incluyendo la incorporación de nuevo personal: becas, contratos pre y post doctorales | 34 |
| 2.3.7 Producción Científica                                                                                                         | 34 |
| 2.3.8 Miembros de la unidad                                                                                                         | 37 |
| 2.3.9 Proyectos vigentes durante 2018                                                                                               | 38 |
| 2.3.10 Participación en Redes durante 2018                                                                                          | 41 |
| 2.3.11 Transferencia y Actividades Complementarias                                                                                  | 42 |
| 2.3.12 Actividades de Difusión                                                                                                      | 42 |
| 2.3.13 Proyectos solicitados durante 2018                                                                                           | 43 |
| 2.3.14 Otros                                                                                                                        | 43 |
| 2.4 ACTIVIDADES EN “MODELADO Y CONTROL”                                                                                             | 44 |
| 2.4.1 Descripción de la unidad                                                                                                      | 44 |
| 2.4.2 Líneas estratégicas del grupo                                                                                                 | 44 |
| 2.4.3 Investigadores principales del grupo                                                                                          | 44 |
| 2.4.4 Resumen de la actividad desarrollada en CIESOL durante 2018                                                                   | 45 |
| 2.4.5 Colaboración con otras Unidades Funcionales de CIESOL durante 2018                                                            | 46 |
| 2.4.6 Recursos humanos de la Unidad Funcional incluyendo la incorporación de nuevo personal: becas, contratos pre y post doctorales | 47 |
| 2.4.7 Producción científica                                                                                                         | 49 |
| 2.4.8 Miembros del la unidad                                                                                                        | 57 |
| 2.4.9 Proyectos vigentes durante 2018                                                                                               | 60 |
| 2.4.10 Participación en Redes durante 2018                                                                                          | 68 |
| 2.4.11 Transferencia y Actividades Complementarias                                                                                  | 68 |
| 2.4.12 Actividades de Difusión                                                                                                      | 70 |
| 2.4.13 Proyectos solicitados durante 2018                                                                                           | 70 |
| 2.4.14 Otros                                                                                                                        | 71 |
| 2.5 ACTIVIDADES EN EVALUACIÓN DEL RECURSO SOLAR Y FRIO SOLAR                                                                        | 76 |
| 2.5.1 Descripción de la unidad                                                                                                      | 76 |
| 2.5.2 Líneas estratégicas de la unidad                                                                                              | 76 |
| 2.5.3 Investigador principal del grupo                                                                                              | 76 |
| 2.5.4 Resumen de la actividad desarrollada en CIESOL durante 2017                                                                   | 77 |
| 2.5.5 Colaboración con otras Unidades Funcionales de CIESOL durante 2018                                                            | 80 |
| 2.5.6 Recursos humanos de la Unidad Funcional incluyendo la incorporación de nuevo personal: becas, contratos pre y post doctorales | 80 |

|                                                                                                                                     |     |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 2.5.7 Producción Científica                                                                                                         | 80  |
| 2.5.8 Miembros del la unidad                                                                                                        | 82  |
| 2.5.9 Proyectos vigentes durante 2018                                                                                               | 83  |
| 2.5.10 Participación en Redes durante 2018                                                                                          | 86  |
| 2.5.11 Transferencia y Actividades Complementarias                                                                                  | 86  |
| 2.5.12 Actividades de Difusión                                                                                                      | 86  |
| 2.5.13 Proyectos solicitados durante 2018                                                                                           | 86  |
| 2.5.14 Otros                                                                                                                        | 86  |
| 2.6 ACTIVIDADES EN “DESALACIÓN Y FOTOSÍNTESIS”                                                                                      | 87  |
| 2.6.1 Descripción de la unidad                                                                                                      | 87  |
| 2.6.2 Líneas estratégicas del grupo                                                                                                 | 87  |
| 2.6.3 Investigadores principales del grupo                                                                                          | 87  |
| 2.6.4 Resumen de la actividad desarrollada en CIESOL durante 2018                                                                   | 88  |
| 2.6.5 Colaboración con otras Unidades Funcionales de CIESOL durante 2018                                                            | 89  |
| 2.6.6 Recursos humanos de la Unidad Funcional incluyendo la incorporación de nuevo personal: becas, contratos pre y post doctorales | 89  |
| 2.6.7 Producción científica                                                                                                         | 90  |
| 2.6.8 Miembros del la unidad                                                                                                        | 95  |
| 2.6.9 Proyectos vigentes durante 2018                                                                                               | 96  |
| 2.6.10 Participación en Redes durante 2018                                                                                          | 107 |
| 2.6.11 Transferencia y Actividades Complementarias                                                                                  | 107 |
| 2.6.12 Actividades de Difusión                                                                                                      | 107 |
| 2.6.13 Proyectos solicitados durante 2018                                                                                           | 107 |
| 2.6.14 Otros                                                                                                                        | 109 |
| 3. INFRAESTRUCTURAS Y CAPACIDADES CIENTÍFICO-TECNOLÓGICAS DEL CENTRO                                                                | 110 |
| 3.1 INSTALACIONES E INFRAESTRUCTURAS DEL ÁREA DE APROVECHAMIENTO QUÍMICO DE LA ENERGÍA SOLAR                                        | 110 |
| 3.2 INSTALACIONES E INFRAESTRUCTURAS DEL ÁREA DE APROVECHAMIENTO ENERGÉTICO DE LA ENERGÍA SOLAR                                     | 113 |
| 4. COMITÉS Y RESPONSABLES DE ACTIVIDADES.                                                                                           | 114 |
| 4.1 DIRECCIÓN DEL CENTRO                                                                                                            | 114 |
| 4.2 RESPONSABLES DE ACTIVIDADES                                                                                                     | 114 |
| 4.3 COMITÉ DE COORDINACIÓN Y SEGUIMIENTO                                                                                            | 114 |
| 4.4 COMITÉ CIENTÍFICO                                                                                                               | 115 |





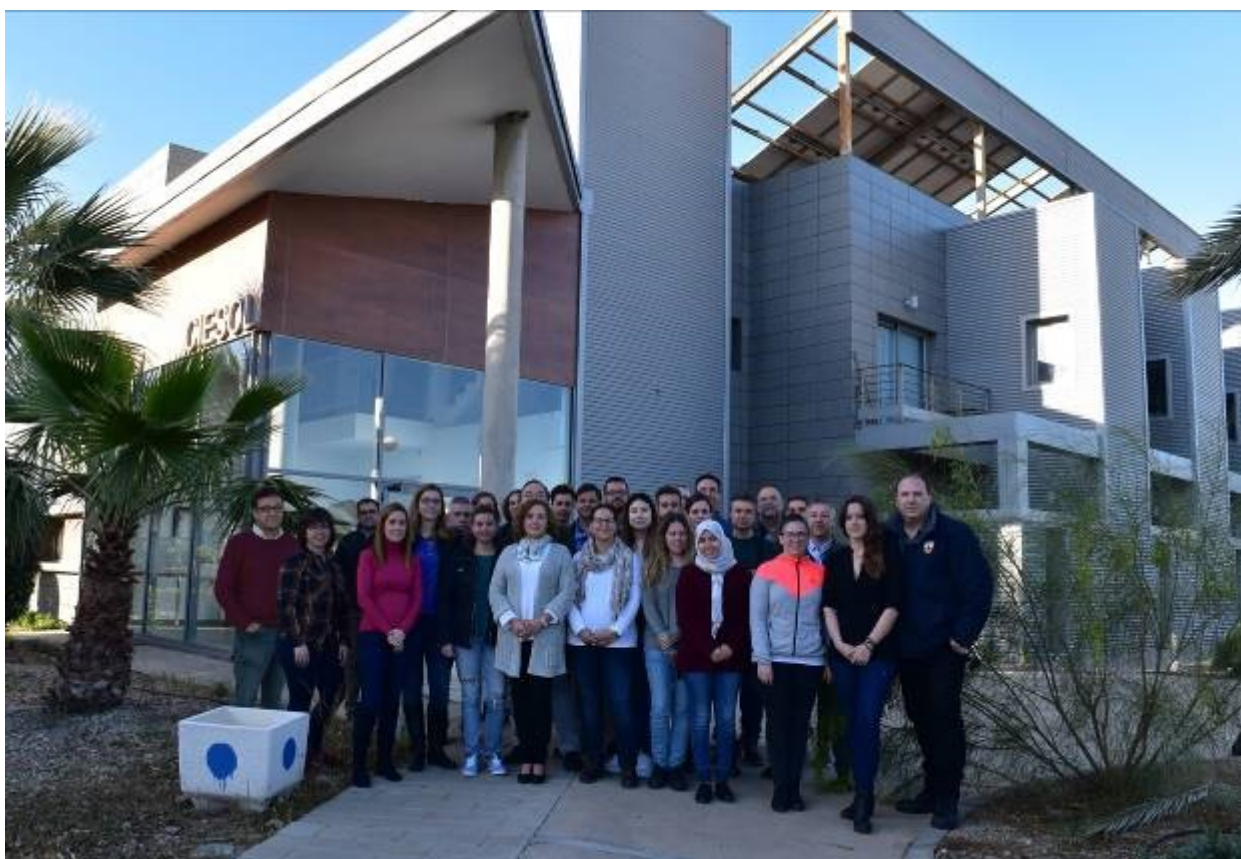
## 1. RESUMEN EJECUTIVO

El Centro de Investigaciones de la Energía Solar, CIESOL, es un centro mixto de la Universidad de Almería y de la Plataforma Solar de Almería, que desarrolla nuevas aplicaciones de la energía solar. El CIESOL se encuentra en un edificio situado en el campus de la Universidad de Almería específicamente diseñado para el estudio del aprovechamiento de la radiación solar en la edificación. Así, además de laboratorios, equipamientos científicos y plantas piloto, el propio centro es una instalación científica en sí misma.



Edificio CIESOL

Más información en [www.ciesol.es](http://www.ciesol.es)



### ¿Qué se hace en el CIESOL?

Se trabaja en distintas áreas para sacarle el máximo partido al Sol, que podemos clasificar en dos líneas: una relacionada con el **uso energético de la radiación solar**, y la otra con el **desarrollo de tecnologías solares para el tratamiento de aguas**.

Convencidos de la importancia de preservar el medioambiente, en el CIESOL se investiga en dos ámbitos imprescindibles para la vida, **el agua y la energía**, unidos por el aprovechamiento de la radiación solar.

### ¿Cómo avanza el CIESOL en el uso de la energía?

Lo primero que debemos saber para usar la energía solar es su disponibilidad, por eso se investigan nuevos métodos para evaluar y predecir el recurso solar y la optimización de cámaras de cielo para hacer un seguimiento y predicción de la nubosidad.

También es importante la monitorización, el modelado y el control automático de las instalaciones solares, con escalas muy diferentes, desde grandes plantas termosolares para producir electricidad, hasta vehículos eléctricos alimentados con energía fotovoltaica.

Además, la energía solar térmica permite producir lo que se denomina "frío solar" mediante sistemas de cambio de fase, compresión y descompresión. Se investiga en "aire acondicionado solar", siendo el edificio que alberga el CIESOL un ejemplo de ello. Se trabaja en el diseño y optimización de plantas de refrigeración y calefacción solar, tanto para uso doméstico como industrial, siendo aquí especialmente importante el estudio de la eficiencia energética y el control del confort en edificios. La



Nave CIESOL – Instalación de frío solar

introducción de redes energéticas inteligentes es también un factor de ahorro muy significativo.

Respecto a la generación de electricidad, el desarrollo de nuevas sustancias con actividad fotoquímica solubles en agua abre el camino a nuevas células fotovoltaicas ambientalmente más sostenibles.

### ¿Cómo avanza el CIESOL en el tratamiento de aguas?

Debemos proteger el recurso agua, tan necesario como escaso, cuyo valor para la vida se incrementa cuanto menor es su disponibilidad. Para ello, en el CIESOL se desarrollan nuevas tecnologías limpias para la descontaminación basadas en la irradiancia solar, tanto de aguas tóxicas que no pueden tratarse por métodos biológicos convencionales, como de las aguas residuales tratadas, que aún tienen pequeñas cantidades de contaminantes persistentes, que afectan al medioambiente acuático.

Entre los métodos solares de depuración de aguas residuales, se abre paso un nuevo proceso basado en microalgas que aprovecha la fotosíntesis para descontaminar, con menos consumo energético y produciendo una biomasa útil para otros sectores industriales.



Triple TOF 5600

Una vez depuradas, las aguas pueden tener un nuevo uso, especialmente para el riego. Para ello es necesario inactivar los microorganismos patógenos que aún permanecen en el agua. La desinfección mediante fotocátalisis solar de aguas depuradas se muestra especialmente eficiente. En todos estos procesos juega un papel crucial el estudio de la influencia de los tratamientos en la calidad de las aguas depuradas y la evaluación del impacto derivado de su uso. Se hace necesario el desarrollo de métodos avanzados de análisis químico para medir la presencia de contaminantes orgánicos a muy baja concentración, hasta una

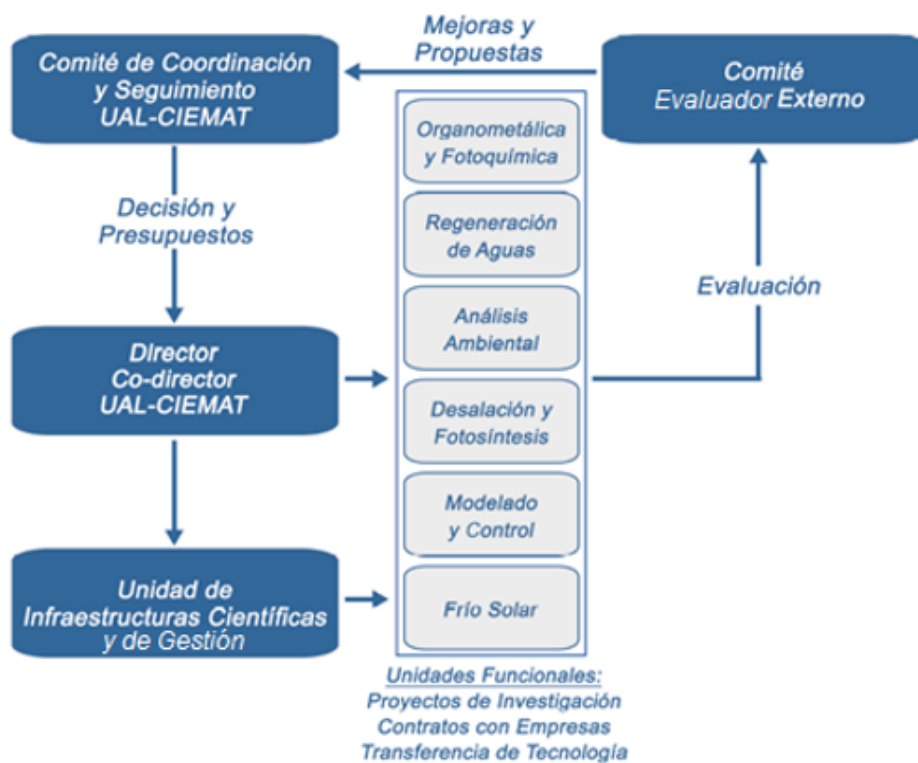
mil millonésima parte de gramo por litro (nanogramo/litro). Pero cuando la escasez de agua apremia, es necesario desalar para generar nueva agua dulce. La desalación de agua de mar, o aguas salobres,



mediante energía solar es una alternativa muy necesaria. En este sentido, la combinación de destilación por membranas que requiere menos aporte de calor que otros procesos y el uso de la energía solar para aportar ese calor se plantea como una solución alternativa a las tecnologías convencionales.

### ¿Cómo funciona el CIESOL?

La estructura funcional del CIESOL está constituida por un Comité de Coordinación y Seguimiento, CCS, órgano máximo de decisión y gestión, un Equipo de Dirección y un conjunto de 6 Unidades Funcionales que agrupan a investigadores de ambas instituciones en distintas áreas temáticas específicas. Debe destacarse que CIESOL cuenta con un Comité Evaluador Externo, CEE, con cuatro miembros de reconocido prestigio e impacto nacional e internacional, que anualmente valora y supervisa la producción científica de sus diferentes unidades funcionales así como el desarrollo del centro. Se cuenta también con una Unidad de Infraestructuras Científicas y de Gestión, compuesta por técnicos especialistas, que se encarga del mantenimiento y operación del equipamiento del centro.



Organigrama funcional de CIESOL

### ¿Quién es y qué hace el Comité de Coordinación y Seguimiento?

El Comité de Coordinación y Seguimiento, CCS, está formado por dos investigadores de la UAL, uno de ellos debe ser el Vicerrector de Investigación, Desarrollo e Innovación de la universidad y dos investigadores de la PSA, uno de ellos debe ser el Director de la Plataforma Solar de Almería. Actualmente, el CCS está compuesto por Diego Valera (Vicerrector de Investigación) y Manuel Berenguel por la UAL y Julián Blanco (Director de la Plataforma Solar de Almería) y Eduardo Zarza por la PSA.

El Comité de Coordinación y Seguimiento se encarga de velar por el buen gobierno del Centro de Investigación y tiene como principal función evaluar y hacer un seguimiento de la marcha de la actividades del centro y su adecuación a los objetivos previstos.

### **¿Quién es y qué hace el Equipo de Dirección?**

El Equipo de Dirección consta de un director y un subdirector, pertenecientes a UAL y PSA (y viceversa). En la actualidad el director es Sixto Malato Rodríguez de la PSA y es subdirector José Antonio Sánchez Pérez de la UAL. Se encargan de la asignación de espacios y recursos a los distintos proyectos y grupos de trabajo, la supervisión del personal técnico, el mantenimiento del CIESOL y, en general, todo cuanto afecte al funcionamiento ordinario del centro.

### **¿Quién es y qué hace el Comité Evaluador Externo?**

El Comité Evaluador Externo, CEE, está compuesto por Ana María Amat Payá, Catedrática de la Universidad Politécnica de Valencia, Ángela Fernández Curto, Subdirectora General Adjunta de Grandes Infraestructuras Científico Técnicas (Ministerio de Ciencia, Innovación y Universidades, Gobierno de España), David Serrano, Director del IMDEA ENERGÍA de Madrid y Catedrático de la Universidad Rey Juan Carlos y Sebastián Dormido, Catedrático de la UNED (Doctor Honoris Causa por la UAL).

El CEE se encarga de evaluar la calidad científica del CIESOL y proponer acciones de mejora. Entre sus funciones está la valoración de las propuestas de trabajo y de líneas estratégicas de actuación para el CIESOL, nuevos proyectos o colaboraciones, así como la evaluación científica de los trabajos realizados. El CEE se reúne una vez al año con los investigadores del CIESOL, visita sus instalaciones y emite un informe sobre su actividad.

### **¿Cuáles son las Unidades Funcionales del CIESOL?**

**Recurso Solar y Frío Solar.** Su principal actividad es la evaluación y predicción del recurso solar, siendo su investigador principal es Francisco Javier Batlles Garrido (UAL). También trabaja en teledetección y optimización de cámaras de cielo, así como en el diseño y optimización de plantas de refrigeración y calefacción solar. Trigeneración

**Modelado y control.** Liderado por Manuel Berenguel Soria (UAL) y Luis José Yebra Muñoz (PSA), el grupo trabaja en el modelado y control de plantas termosolares, fotorreactores y fotobiorreactores, al tiempo que estudia la eficiencia energética y control de confort en edificios, incluyendo redes energéticas inteligentes.

**Organometálica y fotoquímica.** Liderada por Antonio Manuel Romerosa Nieves (UAL) y Christoph Richter (DLR-PSA), trabaja en el desarrollo de nuevos complejos de rutenio homo y hetero-nucleares solubles en agua y con actividad fotocatalíticas en procesos de síntesis de moléculas de alto valor añadido así como en nuevas células fotovoltaicas.

**Regeneración de aguas.** Centra su actividad en el estudio de la fotocatálisis solar para la descontaminación de aguas tóxicas y a la eliminación de microcontaminantes y desinfección de aguas depuradas (regeneración). Los investigadores principales son José Antonio Sánchez Pérez (UAL) y Manuel Ignacio Maldonado Rubio (PSA).

**Análisis Ambiental.** Está enfocada al desarrollo de métodos analíticos avanzados en efluentes complejos y su aplicación al seguimiento de microcontaminantes orgánicos así como la identificación de productos de transformación generados durante los tratamientos de aguas. Las investigadoras principales son Ana Agüera López (UAL) e Isabel Oller Alberola (PSA).

**Desalación y Fotosíntesis.** El grupo desarrolla dos líneas paralelas de trabajo, la desalación y tratamiento de agua mediante sistemas con membranas así como la producción de microalgas y productos de interés. Los investigadores principales son José M. Fernández Sevilla (UAL) y Guillermo Zaragoza del Águila (PSA).

### ACTIVIDADES DEL CENTRO EN 2018

CIESOL ha trabajado activamente en actividades de divulgación de su actividad científica y transferencia a la sociedad almeriense. Destaca en 2018 la participación del centro en la Ventana a la Ciencia, del Parque de las Ciencias de Andalucía, en Granada, con la exposición "Diversificando el uso de la Energía Solar", del 17 de abril al 8 de julio de 2018. El número total de visitantes fue de 6341, un 8% superior a la media. Con un público mayoritariamente universitario (46%) y de bachillerato (18%), la valoración del aprendizaje ha sido muy buena, con buena evaluación de la comunicación (51% excelente y 42% buena), de los textos (48% buenos y 37% excelentes) y de los audiovisuales (47% buenos y 35% excelentes), si bien destaca la valoración de la actividades prácticas (75% excelente y 22% buenas).



CIESOL en la actividad "Ventana a la Ciencia"

20 minutos

Miércoles, 25 de abril de 2018

## El Parque de las Ciencias muestra las múltiples aplicaciones de la energía solar en su Ventana de la Ciencia

EUROPA PRESS - 25/04/2018

Las múltiples aplicaciones de la energía solar se muestran estos días en la nueva edición de la Ventana a la Ciencia del Parque de las Ciencias de Granada, donde el centro de investigación de la energía solar (CIESOL) de la Universidad de Almería presenta los últimos avances en esta materia, como la descontaminación de aguas o el aire acondicionado solar.

GD

GranadaDigital

Miércoles, 25 de abril de 2018

## Las múltiples aplicaciones de la energía solar se muestran en Granada | Vídeo

La desinfección, descontaminación o desalinización del agua, así como el control del confort en los edificios son algunos de los proyectos en los que se investiga



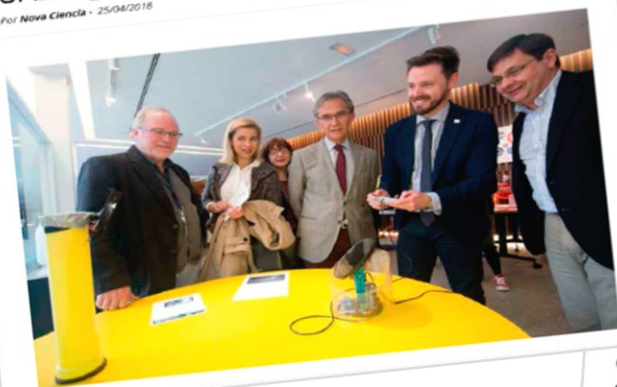
GranadaDigital

NOVA CIENCIA

Miércoles, 25 de abril de 2018

## Las investigaciones sobre energía solar de la UAL llegan al Parque de las Ciencias

Por Nova Ciencia - 25/04/2018



El Periódico de la energía

Miércoles, 25 de abril de 2018

ACTUALIDAD TECH

## Investigadores de Ciesol consiguen que la energía solar se utilice como aire acondicionado o descontaminante de agua



IDEAL

Jueves, 26 de abril de 2018

## Una nueva 'Ventana a la ciencia' muestra los múltiples usos de la energía solar

DIVULGACIÓN

El R.I. Sacarle el máximo partido al Sol. Ese es el objetivo que persiguen los científicos que trabajan en CIESOL, un centro mixto de la Universidad de Almería y la Plataforma Solar de Almería, que desde hoy y hasta el próximo 8 de julio llega a la Ventana a la Ciencia del Parque de las Ciencias para presentar los últimos avances en el uso de la energía. A través de diferentes experimentos se exponen las líneas de trabajo de este centro de

investigación sobre dos áreas fundamentales: el desarrollo de tecnologías limpias para el tratamiento de aguas y el uso energético de la radiación solar.

A través de recursos gráficos y visuales, la exposición de instrumental de laboratorio y de diferentes fichas educativas se explican los proyectos científicos en los que en la actualidad trabaja CIESOL. La desinfección, descontaminación o desalinización del agua, el control del confort en los edificios, el aire acondicionado solar, el diseño de vehículos eléctricos alimentados con energía fotovoltaica o el desarrollo de nuevas sustancias con actividad fotoquímica solubles en el agua son algunos de sus proyectos de investigación.



'Ventana a la ciencia' - R.I. -

elEconomista.es

Miércoles, 25 de abril de 2018

## El Parque de las Ciencias muestra las múltiples aplicaciones de la energía solar en su Ventana de la Ciencia

LA VANGUARDIA | Andalucía

Miércoles, 25 de abril de 2018

AND-ENERGÍA SOLAR

## Presentan uso de energía solar como aire acondicionado o descontaminante agua



Otra actividad de divulgación destacable fue la realización del programa "Almería en la Onda" de Onda Cero Radio Almería, desde el CIESOL y dedicado a la investigación que desarrolla el centro. Conducido por el periodista José Luis López Villalobos "Pepe Céspedes" y el periodista Juanjo del Arco, el programa repasó las principales líneas de investigación, su impacto internacional, su relación con el tejido industrial así como la vida cotidiana de trabajo en el centro.



"Almería en la Onda" se emite desde la sala de juntas de CIESOL

CIESOL ha participado en otras actividades de divulgación como son los "Desayunos-coloquios de La Voz de Almería", donde se conversó sobre el papel del sol como motor de la transición ecológica; la actividad divulgativa "Actualidad científica en Almería" promovida por la Universidad de Almería con el objetivo de sacar la ciencia fuera del campus, en la que se trató la regeneración y reutilización de aguas residuales como un reto de futuro; todas las unidades del centro participaron en "La noche Europea de los investigadores; o la realización de la "7th Summer School on "Dynamic methods for whole building energy assessment", donde se trataron temas relacionados con la energía solar de todas las áreas de investigación del centro.



Desayunos-coloquios de La Voz de Almería

También ha acogido numerosas visitas tanto nacionales como extranjeras interesadas en nuestra actividad científica y nuestras instalaciones. Muestra de ello son la visita que recibimos en septiembre por parte de una delegación de la municipalidad de Armenia (Colombia), la visita de estudiantes y profesores de ingeniería de la Universidad Hochschule Osnabrueck (Alemania), la visita de empresas peruanas interesadas en el desarrollo tecnológico en agroalimentación, o la visita de la Diputación Provincial, con la que colaboramos en un proyecto de plantas piloto para la potabilización de agua eliminando la radioactividad natural de aguas subterráneas.



CIESOL ha gestionado la organización de la décima edición del Congreso Europeo sobre Aplicaciones Ambientales de la Química Solar y Fotocatálisis (10<sup>th</sup> European meeting on Solar Chemistry and Photocatalysis: Environmental Applications) entre los días 4 y 8 de junio de 2018. El Congreso inició su andadura en el año 2000 en Saint-Avoid (Francia) y desde entonces ha seguido organizándose cada dos años en diversas ciudades de Europa (Barcelona, Las Palmas de Gran Canaria, Palermo, Praga, Oporto, Tesalónica y Estrasburgo), aumentando edición tras edición su prestigio, número de participantes y calidad de contenidos, siendo hoy en día, el congreso de mayor relevancia en su campo.



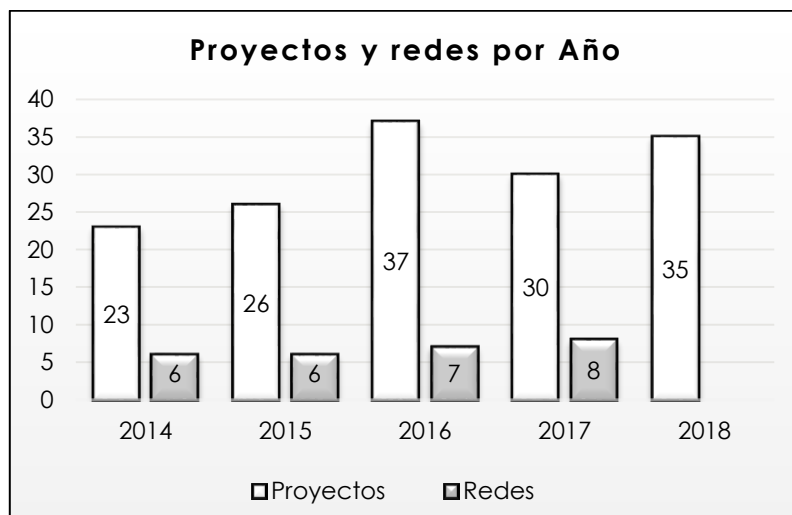
Congreso SPEA10

En este congreso se han expuesto los últimos avances en el campo de la fotoquímica y la fotocatalisis aplicadas al medio ambiente, así como los proyectos futuros relacionados con esta área de investigación: tratamiento y la desinfección del aire y del agua, nuevos materiales y procesos en la fotocatalisis solar, fotoquímica medioambiental, producción y utilización de hidrógeno y reducción de dióxido de carbono, etc. Ha contado con mas de 300 participantes fundamentalmente europeos pero con una asistencia relevante de investigadores iberoamericanos, del Norte de África, EEUU, China, Corea y Japón, entre otros.

En cuanto a transferencia, el CIESOL ha participado como centro de investigación en la elaboración de la memoria para la solicitud por parte de ASEMPAL (asociación de empresarios de Almería) de un plan de Inversión Territorial Integrada (ITI) bajo el lema nexa Agua-Energía como soporte de la economía almeriense. Asimismo, el centro participa en el panel de expertos del Plan Estratégico de Almería 2030, promovido por el Ayuntamiento de la ciudad, en el vector "lucha contra el cambio climático".

Durante 2018, 93 investigadores han participado en proyectos y contratos adscritos al CIESOL (57 hombres y 36 mujeres), 19 de ellos (7 hombres y 12 mujeres) con ubicación permanente en sus laboratorios y despachos a lo largo de este periodo. Las actividades de estos investigadores han estado enmarcadas en 15 proyectos de convocatorias competitivas oficiales (Plan Nacional de Investigación y Programa Andaluz

de Incentivos a los Agentes del Conocimiento), 3 contratos con empresas e instituciones, 20 proyectos europeos y 5 redes europeas. En 2018 se han solicitado 32 nuevos proyectos. En la figura se muestra la evolución del número de proyectos en los cinco últimos años, desde la conformación del centro en 6 unidades funcionales. Se observa una media de 30 proyectos en ejecución al año. La financiación obtenida mediante los proyectos citados, 1.570.579€ en 2018, está en el intervalo de años anteriores, entre los 2.102.910 € en 2017, y los 955.833 € de 2016.



En cuanto a la producción científica correspondiente a 2018, se ha alcanzado un total de 115 publicaciones indexadas en el *Journal Citation Report*. Todas las unidades han participado en congresos y reuniones científicas nacionales (16) e internacionales (41) con un total de 100 contribuciones. En la figura se muestra la evolución del número de publicaciones científicas internacionales en JCR en los cinco últimos años. Se observa una media de 99 artículos al año.



Respecto a las tesis doctorales, en la colaboración UAL-PSA durante 2018 han defendido 2 tesis doctorales.

Junto a la información detallada que se hará en los siguientes capítulos por parte de las unidades funcionales y de los servicios técnicos, en este resumen inicial de las actividades a lo largo de 2018 se destacan los siguientes hitos:

### Participación en redes

- Red sobre metales y agua "REDESMA"
- European COST Action titulada: 'NEW AND EMERGING CHALLENGES AND OPPORTUNITIES IN WASTEWATER REUSE (NEREUS)' (RED COST Action ES1403).
- Participación en la "Iberoamerican Solar Water Treatment Network". Programa de Apoyo a la Formación de Redes Internacionales entre Centros de Investigación, Convocatoria 2018. Programa de Cooperación Internacional de CONICYT.
- Red Temática de Ingeniería de Control. Acción especial del Plan Nacional. DPI2014-51731-REDT
- EUALGAE COST action supported by the EU Commission. From 2017 to 2019.

### Reconocimientos y premios recibidos durante 2018:

- Premio del Consejo Social de la Universidad de Almería a la Investigación Aplicada a la Empresa: Grupo de Investigación TEP-197 de 'Automática, Robótica y Mecatrónica'.
- Premio de investigación otorgado al proyecto SABANA, Gabriel Acién, por el IX foro de los Consejos Sociales de las Universidades Públicas de Andalucía.
- La Univ. de Almería, con ocasión de su 25 Aniversario, reconoce a Sixto Malato Rodríguez como antiguo alumno de honor de la Facultad de Ciencias Experimentales.
- Premio Duna de Grupo Ecologista Mediterráneo a Sixto Malato en reconocimiento a la labor desarrollada desde hace años en el ámbito de la energía solar y sus aplicaciones en la resolución de problemas, especialmente las destinadas al agua, tanto en la generación como en la depuración o la detoxificación.
- Primer premio al concurso nacional de Ingeniería de Control del Comité Español de Automática. Alumno: Javier Machado Mañas. Tutor: José Luis Guzmán Sánchez.
- Premio al mejor trabajo del Grupo Temático en Ingeniería de Control del Comité Español de Automática al trabajo realizado por investigadores de CIESOL: A. Sánchez-Peregrina, F. Rodríguez, I. Oller, M. Berenguel, S. Malato. Modelado y control de una planta piloto de nanofiltración aplicada a la reutilización de aguas residuales en agricultura.
- Premio de la Sociedad Española de Agroingeniería al mejor trabajo presentado en el III Simposio de Ingeniería Hortícola realizado por investigadores de CIESOL: M. Muñoz, M. Berenguel, C. Giagnocavo, F. Rodríguez, J.A. Sánchez. IoT aplicado a la trazabilidad y toma de decisiones para el cultivo de tomate en invernadero.
- Premio del Foro de Consejos Sociales de las Universidades Públicas de Andalucía: Ángeles Hoyo. 'Control y optimización de aguas residuales con fotobiorreactores industriales'.
- Premio a Irene de la Obra por la exposición oral en modalidad flash (5 minutos) en el área de biotecnología y bioprocesos del VII Simposio de investigación en ciencias experimentales 14-15 de noviembre 2018, Universidad de Almería.
- Premio por la mejor comunicación tipo póster en la temática de Aguas a Paula Soriano en el 19<sup>th</sup> European Meeting on Environmental Chemistry (EMEC 19), 3-6 de Diciembre 2018 en Royat, Francia



Premio Duna

- Ángeles Hoyo Sánchez como Juan Diego Gil Vergel fueron seleccionados como finalistas en el Young Author Award durante el congreso internacional: 3<sup>rd</sup> IFAC Advances in PID control, Gante, Bélgica. Y finalmente Ángeles Hoyo Sánchez resultó ganadora.
- Marina C. Campos Mañas mejor comunicación oral en dos congresos internacionales. 14th Annual LC/MS/MS Workshop On Environmental Applications And Food Safety. Barcelona (Spain 26-27) June 2018 y 40th International Conference on Environmental & Food Monitoring (ISEAC-40). Santiago de Compostela (Spain) 19-22 June 2018
- El Instituto de Estudios Giennenses, IEG, otorgó el premio de Investigación Agraria y Medioambiental 2018, al trabajo titulado "Protección del medio ambiente y vertido de aguas residuales: análisis de la gestión del proceso de depuración de los efluentes hídricos urbanos en la provincia de Jaén" realizado por el Departamento de Economía de la Universidad de Jaén en colaboración con el CIESOL.

### **Actividades de difusión y transferencia de la investigación:**

Dentro del interés por la difusión y transferencia de la investigación, en el año 2018 CIESOL ha participado activamente en:

- Organización del número especial dedicado a Neutron Scattering in Coordination Chemistry en la revista del área de Química Inorgánica "European Journal Inorganic Chemistry".
- Se ha participado en el workshop "The use of reclaimed water: best practices and new challenges" en el marco del Proyecto Marie Skłodowska-Curie ALICE por invitación de ESAMUR en Murcia el 18 de Junio de 2018.
- Miembros de la Unidad de Analisis Ambiental han participado como profesores en la escuela de Procesos de Oxidación Avanzada que tuvo lugar en la Universidad de la Amazonía, Florencia (Colombia) los días 29 y 30 de Octubre, 2018.
- Organización del número especial dedicado a "Environmental Applications of Advanced Oxidation Processes (EAAOP5)" en la revista del área de la Ing. Química "Catalysis Today Vol. 313, 2018".
- Conferencia en Seminario Internacional de Tratamiento Solar de Aguas. Ciclo de Seminarios de Ayllu Solar 2018. Facultad de Ciencias de la Univ. de Tarapacá, Chile. 3 de Abril de 2018.
- Noche Europea de los investigadores 2018, actividad desarrollada en el marco del proyecto europeo de divulgación científica OpenResearchers aprobado por la Comisión Europea en la convocatoria de acciones Marie Skłodowska-Curie. Las distintas unidades funcionales han participado a través de diversos stands, en los que se expusieron los proyectos desarrollados en nuestro Centro.
- Adicionalmente hemos participado en actividades previas a la Noche Europea de los Investigadores mediante la difusión de la investigación en institutos de enseñanza secundaria, concretamente en el IES El Parador (Roquetas de Mar, Almería) y en el IES Santo Domingo (El Ejido, Almería).
- Participación en la creación del Grupo Operativo Supraautonómico "OPTAGUA" financiado por el Ministerio de Agricultura y Pesca, Alimentación y Medio Ambiente (MAPAMA) para proponer un proyecto innovador que tiene como objetivo ofrecer una solución al problema ambiental que puede devenir si no se soluciona adecuadamente la presencia de microcontaminantes orgánicos (también denominados contaminantes emergentes) en las aguas depuradas para su reutilización en la agricultura. Los integrantes del grupo operativo son: Fundación Cajamar (Las Palmerillas), Sociedad Cooperativa Agrícola de San Nicolás de Tolentino, SAT Las Hortichuelas, Desarrolla Consultores (Grupo Desarrolla), Seneca Green Catalyst, Plataforma Solar de Almería (CIEMAT), Centro de Investigación de la Energía Solar (CIESOL), Asociación de Comunidades de Regantes de



Andalucía (FERAGUA), la empresa Aquambiente Servicios para el Sector del Agua, que es el representante del grupo operativo.

- Convenio con la Universidad de Brescia: co-tutela de Tesis, intercambio de alumnos Erasmus, doble título en Mecatrónica para la automatización industrial, etc. Fruto del convenio el Prof. Manuel Berenguel ha co-dirigido, junto al Prof. Antonio Visioli, la tesis de Manuel Beschi. El grupo de la Universidad de Brescia realizó una estancia (Domenico Gorni y Antonio Visioli) en el ámbito del proyecto Sfera 2, dedicada al modelado simplificado de habitaciones en edificios y otra estancia (Luca Merigo) dedicada al desarrollo de algoritmos de control basado en eventos.
- Colaboración en el programa ERASMUS+ KA 107: se admiten estancias de profesores y estudiantes de máster y doctorado que incluyen actividades de investigación. A lo largo del año 2018 se han llevado a cabo colaboraciones en el marco de este programa con la Universidad Internacional de Rabat y con la Universidad de la República de Uruguay.
- Colaboración en el programa STUDY ABROAD de la Universidad de Almería
- Colaboración en el programa PIMA
- Torneo Clasificatorio de la FIRST Lego League
- II Jornadas de Automática, Robótica y Mecatrónica
- Desafío Club de Robótica de la Universidad de Almería
- Club de Robótica
- European Robotics Week
- Campus Tecnológico de Chicas
- Semana de la Informática
- Visita tu Universidad
- Feria Aula Empresa La Salle 2018
- Actualidad Científica en Almería
- Proyecto de Innovación Docente Universidad de Almería "Recursos renovables". Responsable: Manuel Pérez García. Participantes: Francisco Javier Batlles Garrido y Joaquín Alonso Montesinos.
- Participación en las Jornadas De Innovación Docente de La Universidad De Almería. Curso 2018-19, celebradas el día 19 de septiembre de 2018, con una duración de 5 horas y organizadas por el Vicerrectorado de Enseñanzas Oficiales y Formación Continua de la Universidad de Almería.
- Curso MOOC titulado "Biotecnología de Microalgas" de la Universidad de Almería, que se impartido en su primera edición a través de la plataforma Miriada X ([www.miriadax.net](http://www.miriadax.net)).

Todo esto se expone con más detalle en el apartado de transferencia y actividades complementarias de cada unidad funcional.

Por otro lado, el centro ha contado con 12 estancias de investigadores, entre ellos, una estudiante predoctoral de la Universidad de Isfahan durante 6 meses, dos estudiante ecuatorianos durante 1 mes, un estudiante de la Universidad de Salerno 3 meses, etc. Todo esto queda también detallado en cada una de las unidades.

A continuación se detallan las actividades desarrolladas por cada Unidad Funcional.

## 2. ACTIVIDADES DEL CENTRO DE INVESTIGACIÓN DE LA ENERGÍA SOLAR (CIESOL)

### 2.1 ACTIVIDADES EN "QUÍMICA ORGANOMETÁLICA Y FOTOQUÍMICA"

#### 2.1.1 Descripción de la unidad

Esta unidad se compuso en 2016 de 10 miembros (tres profesores universitarios, 5 investigadores, 2 contratos predoctorales y 1 uno postdoctoral) y está constituida por personal del Grupo de Inv. "Química de Coordinación Organometálica y Fotoquímica" (FQM-317) perteneciente al departamento de Química y Física de la Universidad de Almería que a su vez está constituido por miembros de la U. de Almería, La Laguna, Cádiz y por un investigador del Centro Aeroespacial de Alemania - Plataforma Solar de Almería (DLR-PSA-CIEMAT). El grupo mantiene fluidos intercambios con otros grupos PAI (Plan Andaluz de Investigación) así como con otros grupos del CIESOL y de otras universidades andaluzas. La unidad no ha dejado de crecer tanto en proyectos (autonómicos, nacionales e internacionales) como en producción científica (más de 200 artículos en revistas químicas de impacto internacionales). Sus intereses iniciales, la síntesis de catalizadores metálicos para la mediación de reacciones fotoquímicas en agua, se ha ido extendiendo a otras áreas como la foto-generación de hidrógeno, la transformación de moléculas pequeñas mediante radiación solar y la generación de electricidad mediante radiación solar.

#### 2.1.2 Líneas estratégicas del grupo

- Desarrollo de nuevos complejos de rutenio homo y heteronucleares solubles en agua y con actividad fotocatalíticas en procesos de síntesis de moléculas de alto valor añadido y generación de electricidad.
- Transformación de fósforo blanco en rojo, utilizando energía solar como fuente de energía.

#### 2.1.3 Investigadores principales del grupo

**Antonio Manuel Romerosa Nieves** (ORCID ID = 0000-0002-6285-9262; Scopus Author ID 6603792206)

Antonio Romerosa nació en Granada (España) en 1964. Se graduó en 1987 (Universidad de Granada) y recibió su PhD (Universidad Autónoma de Barcelona) en enero de 1992. En el mismo año realizó una estancia postdoctoral en el antiguo CNR ISSECC, ahora ICCOM CNR, (Florencia, Italia), antes de convertirse en profesor titular (1997) y catedrático (2009) del área de química inorgánica de la Universidad de Almería (España). Sus principales líneas de investigación se dirigen a la catálisis homogénea y química organometálica en el agua, la química del fósforo, la foto-Química Inorgánica, Química Bioinorgánica y piedras naturales. Es autor de más de 133 artículos internacionales, 14 patentes españolas e internacionales y más de 230 presentaciones en congresos nacionales e internacionales. Ha sido responsable de más de 20 proyectos de investigación nacionales, autonómicos y europeos, así como dirigido 18 tesis doctorales, encontrándose dirigiendo 2 más. Es responsable del grupo de la Junta de Andalucía FQM-317.

**Christoph Richter** (Scopus Author 55439554100)

Doctor en Química Física por la Universidad de Colonia en 1993. En 1994 comienza a trabajar en el Departamento que DLR (Centro Aeroespacial de Alemania) tiene en la Plataforma Solar de Almería (PSA-CIEMAT), en España; el mayor centro de pruebas para investigación y desarrollo en tecnologías de concentración solar a altas temperaturas. Inicialmente trabaja como director de proyectos en el área de química solar, en el desarrollo de proyectos sobre las aplicaciones fotoquímicas de la energía solar en la depuración de aguas y en la síntesis química fina. Actualmente trabaja en diferentes aspectos del funcionamiento de las plantas solares térmicas, incluyendo el almacenamiento de calor, refrigeración e impacto ambiental, y es responsable del departamento de administración e infraestructuras de DLR en Almería. Desde marzo de 2008 es el Secretario General de Solar PACES.

#### 2.1.4 Resumen de la actividad desarrollada en CIESOL durante 2018

El 2018 el grupo ha seguido su renovación con la incorporación de nuevos miembros gracias a contratos de empleo juvenil, estudiantes predocotorales, diversos alumnos de grado y máster y una alumna extranjera en estancia predoctoral. Durante el 2018 se ha continuado con la formación de doctores, la publicación de artículos en las mejores revistas del área de química, química inorgánica y materiales. Se ha además prorrogado el esfuerzo en el proyecto de la AACI conseguido en 2017 para el desarrollo de países latinoamericanos que junto con contratos con empresas, le permitirá continuar su actividad investigadora los próximos años.

#### 2.1.5 Colaboración con otras Unidades Funcionales de CIESOL durante 2018

El 2018 se han iniciado colaboraciones con la unidad de Regeneración de Aguas, aunque los resultados no pasaron de las evaluaciones preliminares.

#### 2.1.6 Recursos humanos de la Unidad Funcional incluyendo la incorporación de nuevo personal: becas, contratos pre y post doctorales

Durante 2018 se han incorporado dos contratos de empleo juvenil predoctoral y uno postdoctoral, un estudiante de Máster y dos estudiantes predocotorales. El grupo ha recibido a una estudiante predoctoral de la Universidad de Isfahan durante 6 meses, así como dos estudiantes ecuatoriano durante 1 mes .

#### 2.1.7 Producción científica

##### Artículos

- F. Scalambra, M. Serrano-Ruiz, A. Romerosa, Water driven formation of channels: Unusual solid-state structural transformation of a heterometallic polymer, Dalton Transactions, 2018, 47, 3588-3595. DOI: 10.1039/c7dt04515h
- F. Scalambra, B. López-Sanchez, A. Romerosa, Good isomerization of 2-cyclohexenol by two Ru(II) complexes, synthesis and characterization of a reaction intermediate, Dalton Transactions, 47, 16398-16402. DOI: 10.1039/C8DT02560F
- P. Servin, R. Laurent, M. Tristany, A. Romerosa, M. Peruzzini, F. Garcia-Maroto, J.P. Majoral, A.M. Caminade, Dual properties of water-soluble Ru-PTA complexes of dendrimers: Catalysis and interaction with DNA, Inorganica Chimica Acta, 2018, 470, 106-112. DOI: 10.1016/j.ica.2017.04.044
- A. Udvardy, M. Serrano-Ruiz, V. Passarelli, E. Bolyog-Nagy, F. Joó, A. Kathó, Á. Romerosa, Synthesis and catalytic activity of new, water-soluble mono- and dinuclear ruthenium(II) complexes containing 1,3,5-triaza-7-phosphadadamantane: Study of the effect of the visible light, Inorganica Chimica Acta, 2018, 470, 82-92. DOI: 10.1016/j.ica.2017.04.054
- F. Scalambra, N. Holzmann, L. Bernasconi, S. Imberti, A. Romerosa, Water Participation in Catalysis: An Atomistic Approach to Solvent Effects in the Catalytic Isomerization of Allylic Alcohols, ACS Catalysis, 2018, 8, 3812-3819. DOI: 10.1021/acscatal.8b00199
- B. Sierra-Martin, M. Serrano-Ruiz, V. García-Sakai, F. Scalambra, A. Romerosa, A. Fernandez-Barbero, Self-organization and swelling of ruthenium-metal coordination polymers with PTA (metal = Ag, Au, Co), Polymers, 2018, 10, art. no. 528. DOI: 10.3390/polym10050528
- B. Sierra-Martin, A. Maldonado-Valdivia, M. Serrano-Ruiz, A. Romerosa, A. Fernandez-Barbero, PTA-based ruthenium complexes as photosensitizers for dye-sensitized solar cells, Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects, 2018, 557, 14-19. DOI: 10.1016/j.colsurfa.2018.06.003.

- Z. Mendoza, P. Lorenzo-Luis, F. Scalambra, J.M. Padrón, A. Romerosa, One Step Up in Antiproliferative Activity: The Ru-Zn Complex  $[\text{RuCp}(\text{PPh}_3)_2-\mu\text{-dmoPTA-1kP:2k}^2\text{N,N'-ZnCl}_2](\text{CF}_3\text{SO}_3)$ , *European Journal of Inorganic Chemistry*, 2018, 43, 4684-4688. DOI: 10.1002/ejic.201800857

### Congresos

- 4<sup>th</sup> European Conference on Smart Inorganic Polymers. 1-3/03/2018, Zagreb, Croatia. L6, pp 21.
- 18<sup>a</sup> Reunión Del Grupo Especializado De Química Inorgánica. 12<sup>a</sup> Reunión Del Grupo Especializado De Química De Estado Sólido, 17-20/06/2018, La Laguna, Spain. Poster 28.
- XXII International Conference on Phosphorus Chemistry. 8-13/07/2018, Budapest, Hungary. pp. 93, Short Oral Lecture.
- XXVIII International Conference on Organometallic Chemistry. 15-20/7/2018, Florence, Italy. KeyNote-KL18.
- International Conference on Coordination Chemistry. 30/07-04/08/2018, Sendai, Japan. KeyNote-A00980-AR.
- 7<sup>th</sup> EuCheMS Conference on Nitrogen Ligands. 4-7/09/2018, Lisbon, Portugal. PL1, CONFERENCIA PLENARIA INAUGURAL + Póster P46.

### Contribuciones a congresos

- Nueva generación de complejos ciclopentadienil-rutenio(ii) con potente propiedad antiproliferativa: una visión general más allá del cisplatino. Zenaida Mendoza, Pablo Lorenzo-Luis, Franco Scalambra, José M. Padrón, A. Romerosa. 18<sup>a</sup> Reunión Del Grupo Especializado De Química Inorgánica. 12<sup>a</sup> Reunión Del Grupo Especializado De Química De Estado Sólido, 17-20/06/2018, La Laguna, Spain. Poster 28.
- Bimetallic Complex  $[\text{RuClCp}(\text{PPh}_3)-\mu\text{-dmoPTA-1P:2P}^2\text{N,N'-ZnCl}_2]$ : Antiproliferative activity and behavior in solution. Elizabeth Mendoza Nozeman, F. Scalambra, P. Lorenzo, J. Padrón, A. Romerosa. 4<sup>th</sup> European Conference on Smart Inorganic Polymers (EUSIP4), Zagreb, Croatia. 1-3 March 2018. L6, pp 21.  
Solar Photochemical Activity of Iridium Complexes in Water. F. Scalambra, C. P. Galseano-Ruano, H. Horváth, Á. Kathó, F. Joó, A. Romerosa. 22<sup>nd</sup> International Conference of Phosphorus Chemistry (ICPC22), 8-13 July 2018, Budapest, Hungary. pp. 93, Short Oral Lecture.
- Catalytic Isomerization of Allylic Alcohols in Water Mediated by Ruthenium Complexes Containing PTA and its Derivatives. Antonio Romerosa, Franco Scalambra, Belen López-Sánchez, Nicole Holzmann, Silvia Imberti, Leonardo Bernasconi, Pablo Lorenzo-Luis, Isaac de los Rios. XXVIII International Conference on Organometallic Chemistry, Florence (Italy), 15-20/7/2018. KeyNote-KL18.
- Water participation in catalytic isomerization of allylic alcohols revealed by neutron scattering. Antonio Romerosa, Franco Scalambra, Belen López-Sánchez, Nicole Holzmann, Silvia Imberti, Leonardo Bernasconi. 43<sup>rd</sup> International Conference on Coordination Chemistry (ICCC2018) will be held during July 30 to August 4, 2018 in Sendai, Japan. S56-Neutron scattering in the study of coordination compounds. KeyNote-A00980-AR.
- Metal complexes containing PTA and parent ligands: a rich family of compounds with remarkable properties (PTA=1,3,5-triaza-7-phosphatrimethylene[3.3.1.1<sup>3,7</sup>]decane). Antonio Romerosa, Franco Scalambra, Belen Sánchez-Pérez, José Veiga, Andrés Alguacil, Zenaida Mendoza, Pablo Lorenzo-Luis, Isaac de los Rios. 7<sup>th</sup> EuCheMS Conference on Nitrogen Ligands, September 4-7, 2018, Lisbon, Portugal. PL1, Conferencia plenaria inaugural.

- Water soluble fluorescent ruthenium complexes containing PTA and [2,2'-Bipyridine]-4,4'-dicarboxylic acid (PTA=1,3,5-triaza-7-phosphatricycle[3.3.1.1<sup>3,7</sup>]decane). Antonio Romerosa, Franco Scalambra, Gerardo Mena-Benavides, José Veiga, Carmen Galdeano-Ruano. 7<sup>th</sup> EuChemS Conference pm Nitrogen Ligands, September 4-7, 2018, Lisbon, Portugal. P46.

### Organización de congresos

- 43<sup>rd</sup> International Conference on Coordination Chemistry (ICCC2018), Sesión 56. Ambito: INTERNATIONAL. Fecha: 30/07/2018-04/08/2018. Sendai. Japon

### Capítulos de libro

- Sensores de explosivos mediante polímeros heterometálicos fluorescentes en una red Nanovoid. Antonio Romerosa Nievas, Franco Scalambra, Benjamín Sierra Martín, Antonio Fernández Barbero, Pablo Antonio Lorenzo Luis, Isaac de los Rios Hierro, Sonia Mañas Carpio, M. Dolores Ureña Amate, Vicente Jara Pérez. V Congreso Nacional de i+d en Defensa y Seguridad: Actas. Catálogo General De Publicaciones Oficiales. <http://publicacionesoficiales.boe.es/> NIPO: 083-18-094-7 (edición en línea), ISBN: 978-84-9091-357-4. Fecha de edición: octubre 2018. Pag. 410-416.

### 2.1.8 Miembros del la unidad

**Antonio Manuel Romerosa Nievas**



Catedrático de Química Inorgánica  
UAL  
romerosa@ual.es  
(+34) 950 015 305

**Christoph Richter**



Investigador, Director del DLR en la PSA  
DLR-PSA CIEMAT  
christoph.richter@dlr.de  
(+34) 950 271486

**Pablo Antonio Lorenzo Luis**



Profesor Titular Química Inorgánica  
Univ. La Laguna

**Isaac de los Rios Hierro**



Profesor Titular Química Inorgánica  
Univ. Cádiz

**Zenaida Mendoza**



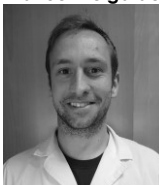
Investigador Predoctoral  
Univ. La Laguna-UAL

**Franco Scalambra**



Investigador Doctor  
UAL



**Cristóbal Saraiba Bello**Investigador Doctor  
UAL**Sonia Mañas Carpio**Investigador Doctor  
UAL**Belén López Sánchez**Investigador Predoctoral  
UAL**Lourdes Sánchez**Investigador Doctor  
UAL-CTAP**José Manuel Veiga del Pino**Investigador Predoctoral  
UAL**Ana Belén Bonhome Espinosa**Investigador Doctor  
UAL

## 2.1.9 Proyectos vigentes durante 2018

### 2.1.9.1 Polímeros poliheteroorganometálicos fluorescentes solubles en agua.

#### Participantes:

Grupo de Inv. "Química de Coordinación, Organometálica y Fotoquímica". Universidad de Almería (FQM-317)

#### Contactos:

A. Romerosa Nievas (romerosa@ual.es)

#### Fuente de financiación:

Ministerio de Economía y Competitividad. FEDER 2013 (CTQ2015-67384-R)

#### Duración prevista:

Enero 2016 - Junio 2019

#### Situación:

En curso.

#### Resumen

El proyecto se dirige al diseño de nuevos polímeros heterometálicos con propiedades de gel y fluorescentes en agua, de forma que puedan ser confinados en una matriz en la que puedan responder a variaciones del entorno. El objetivo último es obtener un sensor que cambie su respuesta óptica en función de la presencia de explosivos comunes tanto en disolución como en vapor.

### 2.1.9.2 Carbón activo proveniente de la cáscara de arroz y su uso en la purificación de agua

#### Participantes:

Grupo de Inv. "Química de Coordinación, Organometálica y Fotoquímica". Universidad de Almería (FQM-317)

#### Contactos:

A. Romerosa Nievas (romerosa@ual.es)

#### Fuente de financiación:

Agencia Andaluza de Cooperación Internacional (AACI-2016DEC020)

#### Duración prevista:

Noviembre 2017 - Noviembre 2018

**Situación:**

En curso.

**Resumen**

Mediante el proyecto se ha entablado una vía de colaboración entre el grupo en el CIESOL y el de la U. de Machala en Ecuador. A través del mismo se pretende dar respuesta a graves problemas medioambientales que presenta la comarca dle Oro en Ecuador. La alta contaminación producto de la actividad minera está llevando a la contaminación de ríos y acuíferos. Además, la eliminación de la cáscara del arroz producida en esa región y el acceso a agua de calidad. El agua es fundamental para la vida y por lo tanto disponer de agua de calidad es fundamental para el desarrollo adecuado de la población. El carbón activo obtenido de la cáscara del arroz puede purificar el agua selectivamente. Todo el proceso sería ecológico, no produciría contaminación tangencial y sería respetuoso con los medios productivos y sociales de la comunidad en donde será desarrollado.

**2.1.10 Participación en Redes durante 2018**

El grupo es el coordinador de la red sobre metales y agua "REDESMA" ([www.redesma.es](http://www.redesma.es)) que reúne a 15 grupos de universidades españolas interesado en la química de los metales en agua. La red funciona sin financiación directa; se ha solicitado una ayuda a la convocatoria de este año de redes temáticas.

**2.1.11 Transferencia y Actividades Complementarias**

Sesión plenaria: "Isomerización de alcoholes alílicos catalizada con compuestos de rutenio acuo-solubles". Conferencia en Jornadas "Metales y agua" celebradas en la Facultad de Química de la Universidad de Sevilla el 13 de septiembre de 2018.

Organización del número especial dedicado a Neutron Scattering in Coordination Chemistry en la revista del área de Química Inorgánica "European Journal Inorganic Chemistry". AUTORES (p.o. de firma): John A. Stride, Wendy L. Queen, Antonio Romerosa TITULO: Neutron Scattering in Coordination Chemistry. REF. REVISTA: European Journal of Inorganic Chemistry, 2019, 1057–1059 (Guest Editors). Número especial sobre neutrones y química de coordinación, CLAVE: A, DOI: 10.1002/ejic.201801283

**2.1.12 Actividades de Difusión****2.1.13 Proyectos solicitados durante 2018**

Solicitud de ayuda para la realización de una actuación de la convocatoria 2018 de proyectos UAL-FEDER.

Referencia: UAL18-FQM-B034-B

Centro: CIESOL CENTRO MIXTO DE INVESTIGACIÓN EN ENERGÍA SOLAR UAL-CIEMAT

Título: Síntesis Y Caracterización De Complejos Bis-Metálicos [RuCpLL'-dmoPTA-1KP:2K<sup>2</sup>N,N'-MX<sub>2</sub>](OTf) (dmoPTA = 3,7-dimetil-1,3,7-triaza-5-fosfabiciclo[3.3.1]nonano; L, L'= PPh<sub>3</sub>, PTA = 1,3,5-triaza-7-phosphaadamantano; M = Cu, Ni, Zn, Pd, Pt, Au, Ru, La; X = F<sup>-</sup>, Cl<sup>-</sup>, Br<sup>-</sup>, I<sup>-</sup>, bispirimidina): estudio de sus propiedades antiproliferativas y comportamiento en disolución.

Entidad Solicitante: Universidad de Almería

Solicitud de ayuda para la realización de una actuación de la convocatoria 2018 de proyectos UAL-FEDER.

Referencia: UAL18-FQM-B039-A-E

Centro: CIESOL CENTRO MIXTO DE INVESTIGACIÓN EN ENERGÍA SOLAR UAL-CIEMAT

Título: Síntesis Y Propiedades De Polímeros Heterometálicos Basados En El

Ligando dmoPTA (dmoPTA = 3,7-dimetil-1,3,7-triaza-5-fosfabiciclo[3.3.1]nonano).

Entidad Solicitante: Universidad de Almería

Solicitud del proyecto CONVOCATORIA 2018 DE PROYECTOS I+D+I "RETOS INVESTIGACIÓN" DEL PROGRAMA ESTATAL DE I+D+I ORIENTADA A LOS RETOS DE LA SOCIEDAD..

Referencia: RTI2018-099057-B-I00

Centro: CIESOL CENTRO MIXTO DE INVESTIGACIÓN EN ENERGÍA SOLAR UAL-CIEMAT

Título: COMPLEJOS HETEROMETALICOS CON LOS LIGANDOS PTA Y DMOPTA: ESTUDIO DE SUS PROPIEDADES Y USO EN SENSORES DE EXPLOSIVOS..

Entidad Solicitante: Universidad de Almería

Equipamiento FEDER, solicitado por la Universidad bajo solicitud del grupo.

Ayudas B. Galindo, solicitada por la Universidad bajo solicitud del grupo.

Ayuda Empleo Juvenil, Ministerio bajo solicitud del grupo.

#### 2.1.14 Otros

Session Chair al congreso 22<sup>nd</sup> International Conference of Phosphorus Chemistry (ICPC22), Budapest, Hungary 8-13 Julio 2018

Session Chair al congreso 7<sup>th</sup> EuCheMS Conference pm Nitrogen Ligands, Lisbon, Portugal, September 4-7, 2018.

Proyecto de Innovación Docente Universidad de Almería "Hacer Fácil La Cristalografía Y La Determinación Estructural Por Rayos-X" (Ref: 17\_18\_2\_24C). Responsable: Antonio Manuel Romerosa Nieves. Participantes: Manuel Fernández Pérez, Francisco Flores Céspedes, Vicente Jara Pérez, Pablo Antonio Lorenzo Luis, Sonia Mañas Carpio, Franco Scalambra, Matilde Villafranca Sánchez. Curso 2018-2019

Participación en las Jornadas De Innovación Docente En La Universidad De Almería- Curso 2018-19, celebradas el día 19 de septiembre de 2018, con una duración de 5 horas y organizadas por el Vicerrectorado de Enseñanzas Oficiales y Formación Continua de la Universidad de Almería. Asistencia. Póster presentado.

## 2.2 ACTIVIDADES EN “ANÁLISIS AMBIENTAL”

### 2.2.1 Descripción de la unidad

La Unidad Funcional está constituida por investigadores del departamento de Química y Física de la Universidad de Almería y de la unidad de Tratamientos Solares de Agua de la Plataforma Solar de Almería (CIEMAT). La colaboración entre ambos centros se remonta a 1998, año en el que se publica el primer trabajo conjunto. Desde entonces se ha colaborado activamente en proyectos nacionales e internacionales y se cuenta con más de 50 publicaciones conjuntas. Actualmente, miembros de ambos centros forman parte del grupo PAI (Plan Andaluz de Investigación) “Análisis Ambiental y Tratamiento de Aguas (FQM-374)”.

### 2.2.2 Líneas estratégicas del grupo

La actividad del grupo está enfocada al desarrollo, optimización y evaluación analítica de procesos avanzados de tratamiento de aguas aplicados a efluentes complejos con vistas a su regeneración y en su caso posible reutilización. Las líneas estratégicas de actuación son:

- Desarrollo de métodos analíticos avanzados para la caracterización de efluentes complejos y su aplicación al seguimiento de microcontaminantes orgánicos durante los tratamientos a fin de garantizar su eliminación.
- Identificación de productos de transformación generados durante los tratamientos y establecimiento de rutas de degradación.
- Estudio de la influencia de los tratamientos en la calidad de las aguas regeneradas y evaluación del impacto derivado de su reuso en actividades agrícolas.

### 2.2.3 Investigadores principales del grupo

**Ana Agüera López** (ORCID ID: 0000-0003-2649-6772; Scopus Author ID: 6701415534)

Es catedrática del Departamento de Química y Física de la Universidad de Almería. Licenciada en Ciencias Químicas (1987) y Dra. en Ciencias Químicas por la Universidad de Granada (1995). Investigadora responsable del grupo Análisis Ambiental y Tratamiento de Aguas (FQM-374) del Plan Andaluz de Investigación. Cuenta con 27 años de experiencia en el desarrollo y validación de métodos analíticos, basados en el empleo de técnicas cromatográficas acopladas a espectrometría de masas, para el análisis de contaminantes orgánicos en alimentos y matrices ambientales. Ha participado en 22 proyectos de investigación competitivos nacionales e internacionales, en 8 de ellos como investigadora principal. Es co-autora de 2 patentes y 140 publicaciones científicas en revistas internacionales indexadas (h-index=52, enero, 2019). Ha co-dirigido 8 tesis doctorales y participado en más de 150 comunicaciones a congresos. Es autora de 3 libros y 12 capítulos de libro y ha participado en la organización de 8 congresos de carácter internacional.

**Isabel Oller Alberola** (ORCID ID: 0000-0002-9893-6207; Scopus Author 8415190600)

Es responsable de la Unidad de Tratamientos Solares del Agua de la Plataforma Solar de Almería (CIEMAT), Ingeniera Química por la Universidad de Granada (2002) y Doctora por la Universidad de Almería (2008). Cuenta con más de 15 años de experiencia en el campo de la descontaminación y reutilización de aguas residuales industriales y urbanas mediante procesos avanzados de oxidación y su combinación con sistemas físico-químicos de pre-tratamiento, así como con tratamientos biológicos avanzados. La Dr. Isabel Oller ha desarrollado esta actividad a través de su participación en diversos Proyectos de I+D nacionales y europeos (5<sup>th</sup>, 6<sup>th</sup> & 7<sup>th</sup> EU FP, H2020). Dentro de su producción científica cabe destacar que es autora y co-autora de 4 libros en Editorial Nacional y co-autora de 18 capítulos de libros de Editorial Internacional. Además es co-autora de 97 publicaciones en revistas científicas internacionales con índice de impacto y más de 130

contribuciones a Congresos y Simposios internacionales hasta la fecha (enero 2018). Además, ha participado como profesora en cursos nacionales e internacionales relacionados con el Tratamiento Avanzado de Aguas Residuales. H-index (Enero 2018): 36.

#### 2.2.4 Resumen de la actividad desarrollada en CIESOL durante 2018

En el marco del proyecto P12-RNM-1739, durante esta anualidad, se abordó el estudio de la identificación y eliminación de contaminantes de preocupación emergente (CEC) a lo largo de la línea de tratamiento diseñada previamente para la remediación de lixiviados en vertederos. La línea de tratamiento incluye tres pasos:

- i) un tratamiento previo fisicoquímico, para reducir sólidos en suspensión, color y turbidez;
- ii) una oxidación química avanzada mediante foto-Fenton solar, para mineralizar parte del contenido orgánico del lixiviado pretratado, reducir la toxicidad y mejorar la biodegradabilidad y
- iii) un tratamiento biológico avanzado, basado en un reactor de biomasa inmovilizado (IBR).

Para evaluar la efectividad de la línea de tratamiento, se ha llevado a cabo una caracterización completa de los microcontaminantes orgánicos en los lixiviados brutos y los obtenidos al final de las etapas de tratamiento. Se aplicó cromatografía líquida acoplada a espectrometría de masas de baja resolución, con analizador de triple cuadrupolo trampa de iones lineal, y de alta resolución, con analizador de triple cuadrupolo-tiempo de vuelo, para el análisis de los lixiviados desde dos perspectivas: un análisis dirigido de compuestos objetivo "target screening" y una estrategia de cribado de compuestos sospechosos "suspect screening", respectivamente. Para compuestos no polares, se utilizó la cromatografía de gases acoplada a espectrometría de masas con analizador cuadrupolar, utilizando una base de datos comercial (> 1000 compuestos). La combinación de técnicas aplicada permitió la identificación de compuesto no reportados previamente en lixiviados. En general, la carga de microcontaminantes del lixiviado de vertedero tratado se redujo con el tratamiento combinado propuesto, si bien el efluente final aún contiene concentraciones relevantes, lo que refuerza la importancia de esta fuente de contaminación. S.

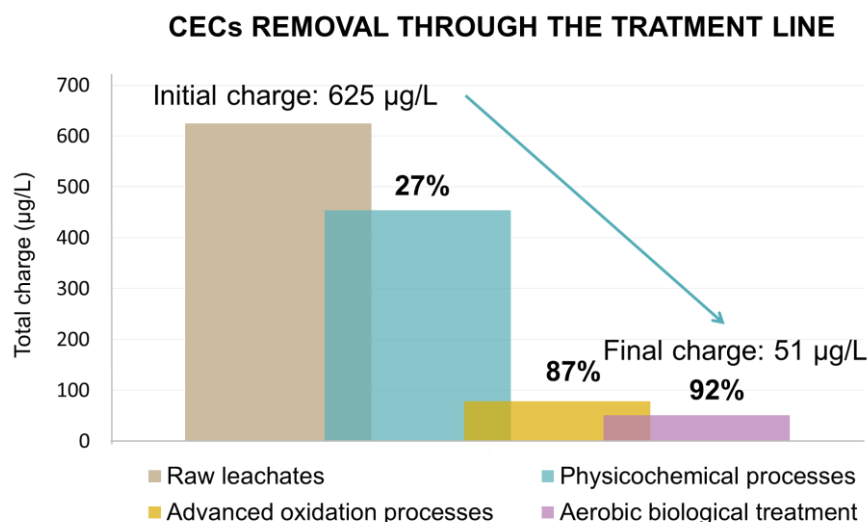


Fig. 2.2.1 Reducción observada para los CEC analizados mediante LC-QqLIT/MS

En el proyecto SOLFENDIS, se ha colaborado en las tareas ya descritas por el grupo de Regeneración de Aguas. Asimismo, durante la estancia del Dr. Fiorentino en CIESOL en el marco de proyecto, se ha estudiado la eficacia del tratamiento de foto-Fenton solar a pH neutro en reactores tipo raceway para la eliminación de antibióticos y resistencias microbianas (bacteria y genes resistentes a cefotaxima) en efluentes de dos



plantas de tratamiento de aguas residuales. Los resultados obtenidos, que están en vías de publicación, han demostrado que el tratamiento es eficiente en la reducción/eliminación de antibióticos (60-100%) e inactivación de bacterias (totales y resistentes) objeto de estudio, si bien no fue capaz de eliminar los genes resistentes. Así, no puede afirmarse que el proceso elimine el riesgo de transferencia de resistencias a los antibióticos al medio ambiente y se necesita más investigación empleando condiciones oxidativas más intensivas.

Se ha iniciado el proyecto LIFE PureAgroH2O, en el que se pretende instalar un reactor de nanofiltración fotocatalítica (NFPR) en la empresa de procesamiento de alimentos CITRICOS del Andarax, S.A., a fin de eliminar pesticidas presentes en las aguas de lavado de frutas y hortalizas. En esta primera etapa del proyecto se ha procedido a la caracterización de las aguas a tratar desde el punto de vista químico (TSS, DQO, etc) y microbiológico. Los resultados obtenidos han puesto de manifiesto la necesidad de realizar un tratamiento previo a la operación del NFPR que será optimizado en 2019. Se ha trabajado asimismo en actividades de difusión del proyecto (folletos, web, cartelería), así como en la elaboración de una encuesta que servirá para recopilar información sobre la actual gestión de las aguas residuales en la industria agroalimentaria española.

Los estudios en la línea de investigación sobre el impacto de la reutilización de aguas regeneradas en prácticas de riego, han finalizado con la defensa de la tesis doctoral "Determinación de contaminantes de preocupación emergente y productos de transformación en suelos agrícolas y cultivos regados con agua regenerada: Aplicación de estrategias analíticas combinadas basadas en espectrometría de masas de baja y alta resolución". Los resultados obtenidos durante la tesis permiten actualmente disponer de métodos validados de análisis dirigido y estrategias de screening para un elevado número de contaminantes de interés emergentes en matrices vegetales y suelos. Se ha demostrado la acumulación en suelos y la traslocación a partes comestibles de cultivos (tanto a escala piloto como en cultivos reales) de ciertos contaminantes, principalmente fármacos, así como de sus productos de transformación (en el caso de la carbamacepina). Con todo ello se puede concluir que se ha avanzado en el conocimiento actual acerca del impacto que la reutilización de agua en riego agrícola puede provocar.

#### **2.2.5 Colaboración con otras Unidades Funcionales de CIESOL durante 2018**

En 2018 se ha mantenido la colaboración con la unidad de Regeneración de Aguas, con la que se tienen proyectos conjuntos.

#### **2.2.6 Recursos humanos de la Unidad Funcional incluyendo la incorporación de nuevo personal: becas, contratos pre y post doctorales**

En 2018 se incorporaron con contratos Dña. Ana Belén Martínez Piernas y Dña. Laura Ponce Robles.

#### **Estancias en CIESOL de investigadores de otros centros de investigación:**

- Antonino Fiorentino. University of Salerno, Italia (21/01/2018-18/04/2018).

#### **Estancias de investigadores de CIESOL en otros centros de investigación:**

- Marina Celia Campos Mañas. Center for Environmental Mass Spectrometry. Dpt. Environmental Engineering. University of Colorado. Boulder, EEUU (02/03/2018-28/05/2018; 01/09/2018-31/09/2018).
- Ana Ruiz Delgado. Laboratory of Separation and Reaction Engineering – Laboratory of Catalysis and Materials (LSRE-LCM) Faculdade de Engenharia do Universidade de Porto, Portugal (29/01/2018-29/04/2018).

**Alumnos en prácticas curriculares:**

- Alvaro Jesus Gilabert Belmonte. Grado en Química
- María Dolores Berenguel. Grado en Químicas
- María del Mar Simón Lucas. Grado en Químicas

**2.2.7 Producción Científica****Artículos**

- Martínez-Piernas, A.B., Plaza-Bolaños, P., García-Gómez, E., Fernández-Ibáñez, P., Agüera, A. Determination of organic microcontaminants in agricultural soils irrigated with reclaimed wastewater: Target and suspect approaches. *Analytica Chimica Acta* (2018) 1030, pp. 115-124. DOI: 10.1016/j.aca.2018.05.049
- Campos-Mañas, M.C., Ferrer, I., Thurman, E.M., Agüera, A. Opioid occurrence in environmental water samples—A review (2018) *Trends in Environmental Analytical Chemistry*, 20, art. no. e00059. DOI: 10.1016/j.teac.2018.e00059
- Ponce-Robles, L., Oller, I., Agüera, A., Trinidad-Lozano, M.J., Yuste, F.J., Malato, S., Perez-Estrada, L.A. Application of a multivariate analysis method for non-target screening detection of persistent transformation products during the cork boiling wastewater treatment (2018) *Science of the Total Environment*, 633, pp. 508-517. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2018.03.179
- Martínez-Piernas, A.B., Polo-López, M.I., Fernández-Ibáñez, P., Agüera, A. Validation and application of a multiresidue method based on liquid chromatography-tandem mass spectrometry for evaluating the plant uptake of 74 microcontaminants in crops irrigated with treated municipal wastewater (2018) *Journal of Chromatography A*, 1534, pp. 10-21. DOI: 10.1016/j.chroma.2017.12.037
- Ruíz-Delgado, A., Roccamante, M.A., Oller, I., Agüera, A., Malato, S. Natural chelating agents from olive mill wastewater to enable photo-Fenton-like reactions at natural pH (2018) *Catalysis Today*. Article in Press. DOI: 10.1016/j.cattod.2018.10.051
- Martín-De-Lucía, I., Campos-Mañas, M.C., Agüera, A., Leganés, F., Fernández-Piñas, F., Rosal, R. Combined toxicity of graphene oxide and wastewater to the green alga *Chlamydomonas reinhardtii* (2018) *Environmental Science: Nano*, 5 (7), pp. 1729-1744.
- Reina, A.C., Martínez-Piernas, A.B., Bertakis, Y., Brebou, C., Xekoukoulotakis, N.P., Agüera, A., Sánchez Pérez, J.A. Photochemical degradation of the carbapenem antibiotics imipenem and meropenem in aqueous solutions under solar radiation (2018) *Water Research*, 128, pp. 61-70. DOI: 10.1016/j.watres.2017.10.047.
- Ponce-Robles, L., Polo-López, M.I., Oller, I., Garrido-Cardenas, J.A., Malato, S. Practical approach to the evaluation of industrial wastewater treatment by the application of advanced microbiological techniques (2018) *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 166, pp. 123-131. DOI: 10.1016/j.ecoenv.2018.09.044
- Davididou, K., Chatzisyneon, E., Perez-Estrada, L., Oller, I., Malato, S. Photo-Fenton treatment of saccharin in a solar pilot compound parabolic collector: Use of olive mill wastewater as iron chelating agent, preliminary results (2018) *Journal of Hazardous Materials*, . Article in Press. DOI: 10.1016/j.jhazmat.2018.03.016
- Miralles-Cuevas, S., Oller, I., Ruíz-Delgado, A., Cabrera-Reina, A., Cornejo-Ponce, L., Malato, S. EDDS as complexing agent for enhancing solar advanced oxidation processes in natural water: Effect of iron species and different oxidants (2018) *Journal of Hazardous Materials*, . Article in Press. DOI: 10.1016/j.jhazmat.2018.03.018

- García-Fernández, I., Miralles-Cuevas, S., Oller, I., Malato, S., Fernández-Ibáñez, P., Polo-López, M.I. Inactivation of *E. coli* and *E. faecalis* by solar photo-Fenton with EDDS complex at neutral pH in municipal wastewater effluents (2018) *Journal of Hazardous Materials*, . Article in Press. DOI: 10.1016/j.jhazmat.2018.07.037

### **Congresos**

- 10<sup>th</sup> European meeting on Solar Chemistry and Photocatalysis: Environmental Applications (SPEA10). Almería, España. 4-8 Junio, 2018
- IWA Regional Conference on Water Reuse and Salinity Management (IWARESA). Murcia, España. 11-15 Junio, 2018.
- International Conference on Environmental & Food monitoring. Santiago de Compostela, España. 19-22 Junio, 2018
- XIII Congreso Español de Tratamiento de Aguas (META-2018). León, España. 18-20 Junio, 2018
- XENOWAC II Conference. Limassol, Cyprus. 10-12 Octubre, 2018

### **Contribuciones a congresos**

- Inactivation of enteric total and beta-lactamase resistant *Escherichia coli* in urban wastewater by solar photo-Fenton at neutral pH in raceway pond reactors. XENOWAC II Conference. Limassol, Cyprus. 10-12 Octubre, 2018
- Toxicidad no aditiva en mezclas de nanopartículas sintéticas y contaminantes de agua residual depurada. XIII Congreso Español de Tratamiento de Aguas (META-2018). León, España. 18-20 Junio, 2018
- Advanced Analytical techniques for industrial water reuse assessment. IWA Regional Conference on Water Reuse and Salinity Management (IWARESA). Murcia, España. 11-15 Junio, 2018.
- Application of electro-Fenton and solar photoelectro-Fenton processes for the treatment of membrane concentrates. IWA Regional Conference on Water Reuse and Salinity Management (IWARESA). Murcia, España. 11-15 Junio, 2018.
- Total Inactivation of indigenous cefotaxime resistant *Escherichia coli* in secondary effluents from several UWWTPs by solar photo-Fenton process in raceway pond reactors. 10<sup>th</sup> European meeting on Solar Chemistry and Photocatalysis: Environmental Applications (SPEA10). Almería, España. 4-8 Junio, 2018
- Degradation of micropollutants in WWTP secondary effluents by continuous flow solar photo-Fenton process at neutral pH in open reactors. 10<sup>th</sup> European meeting on Solar Chemistry and Photocatalysis: Environmental Applications (SPEA10). Almería, España. 4-8 Junio, 2018
- Treatment line for landfill leachates remediation. Analytical assessment. 10<sup>th</sup> European meeting on Solar Chemistry and Photocatalysis: Environmental Applications (SPEA10). Almería, España. 4-8 Junio, 2018
- Strategy for remediation of cork boiling wastewater using a combination of advanced chemical-biological oxidation technologies. Microbiological evaluation. 10<sup>th</sup> European meeting on Solar Chemistry and Photocatalysis: Environmental Applications (SPEA10). Almería, España. 4-8 Junio, 2018
- Degradation of antibiotic trimethoprim by the combined action of sunlight, TiO<sub>2</sub> and persulfate: A pilot plant study. 10<sup>th</sup> European meeting on Solar Chemistry and Photocatalysis: Environmental Applications (SPEA10). Almería, España. 4-8 Junio, 2018

- Natural iron complexes from Olive Mill Wastewater for Solar Photo-Fenton degradation of micro-contaminants. 10<sup>th</sup> European meeting on Solar Chemistry and Photocatalysis: Environmental Applications (SPEA10). Almería, España. 4-8 Junio, 2018
- Application of Advanced Integrated Technologies (Membrane and Photo-Oxidation Processes) for the Removal of CECs contained in Urban Wastewater. 10<sup>th</sup> European meeting on Solar Chemistry and Photocatalysis: Environmental Applications (SPEA10). Almería, España. 4-8 Junio, 2018
- Advanced Oxidation Processes based on Ozonation for Contaminants of Emerging Concern removal. 10<sup>th</sup> European meeting on Solar Chemistry and Photocatalysis: Environmental Applications (SPEA10). Almería, España. 4-8 Junio, 2018
- Elimination of Contaminants of Emerging Concern by solar photoelectro-Fenton process at pilot plant scale. 10<sup>th</sup> European meeting on Solar Chemistry and Photocatalysis: Environmental Applications (SPEA10). Almería, España. 4-8 Junio, 2018
- Analytical evaluation of the removal of emerging contaminants throughout a treatment line for landfill leachate remediation. International Conference on Environmental & Food monitoring. Santiago de Compostela, España. 19-22 Junio, 2018
- Determination of contaminants of emerging concern in agricultural soils and crops irrigated with reclaimed wastewater: target and suspect approaches. International Conference on Environmental & Food monitoring. Santiago de Compostela, España. 19-22 Junio, 2018
- Pesticide discharge via wastewater effluents from an agro-food industry as a potential risk for the environment. International Conference on Environmental & Food monitoring. Santiago de Compostela, España. 19-22 Junio, 2018
- Analytical evaluation of the removal of emerging contaminants throughout a treatment line for landfill leachate remediation. International Conference on Environmental & Food monitoring. Santiago de Compostela, España. 19-22 Junio, 2018
- Removal of organic microcontaminants from urban wastewater using a microalgae-based dioreactor. Analytical Assesment. International Conference on Environmental & Food monitoring. Santiago de Compostela, España. 19-22 Junio, 2018

### **Congresos organizados**

- Organización del "10<sup>th</sup> European Meeting on Solar Chemistry and Photocatalysis: Environmental Applications" (Almería, 4-8 de junio de 2018), en colaboración con la Unidad de "Regeneración de aguas".

### **Tesis doctorales defendidas**

- "Determination of contaminants of emerging concern and transformation products in agricultural soils and crops irrigated with reclaimed water: Application of combined analytical strategies based on low and high resolution mass spectrometry". Ana B. Martínez Piernas. 18/12/2018. Sobresaliente Cum Laude con mención Internacional.
- "Wastewater treatment by solar irradiation and ozone based processes. Evaluation by advanced analytical and microbiological techniques". Laura Ponce Robles. 27/06/2018. Sobresaliente Cum Laude con mención Internacional.

## 2.2.8 Miembros del la unidad

**Ana Agüera López**



Catedrática de Química Analítica  
UAL  
aaguera@ual.es  
(+34) 950 215 531  
www.ciesol.com

**Isabel Oller Alberola**



Contratado doctor OPI  
CIEMAT-PSA  
isabel.oller@psa.es  
(+34) 950 387 993  
www.psa.es

**Sixto Malato Rodríguez**



Profesor de Investigación de OPI  
CIEMAT-PSA

**Leónidas Pérez Estrada**



Investigador Ramón y Cajal  
CIEMAT-PSA

**Ana Ruiz Delgado**



Contratada pre-doctoral  
Junta Andalucía

**Ricardo Sánchez**



Contratado doctor OPI  
CIEMAT-PSA

**Patricia Plaza Bolaños**



Contratada doctor  
UAL

**Azahara Martínez García**



Contratada pre-doctoral  
CIEMAT-PSA

**Ana Belén Martínez Piernas**



Contratada doctor  
UAL

**Laura Ponce Robles**



Investigador doctor  
Colaborador

**Ilaria Berruti**



Contratada pre-doctoral  
CIEMAT-PSA

**Marina Celia Campos Mañas**



Contratada pre-doctoral  
UAL

**Melina Roccamante**

Contratada pre-doctoral  
CIEMAT-PSA

**Dennis Deemter**

Contratada pre-doctoral  
CIEMAT-PSA

**Ana Lorenzo Flores**

Contratada pre-doctoral  
UAL

**Elisa García Gómez**

Contratada pre-doctoral  
UAL

## 2.2.9 Proyectos vigentes durante 2018

### 2.2.9.1 Caracterización y tratamiento de aguas residuales de distinto origen (lixiviados de vertedero y efluentes de la industria del corcho)

#### Participantes:

Unidad funcional de Análisis Ambiental

#### Contactos:

A. Agüera (aaguera@ual.es)

I. Oller (Isabel.oller@psa.es )

#### Fuente de financiación:

Junta de Andalucía. Proyecto de Excelencia. Convocatoria 2012. (P12-RNM-1739)

#### Duración prevista:

Enero 2014 – Junio 2019. Ampliado

#### Situación:

En curso

#### Resumen:

El proyecto pretende abordar el tratamiento de aguas residuales complejas integrando procesos avanzados de oxidación (PAO) (foto-Fenton solar y  $O_3/H_2O_2$ ) con biotratamiento (Bio), tanto en el sentido PAO/Bio como Bio/PAO, en función de las características de biodegradabilidad del agua a tratar. Se utilizarán dos tipos de aguas residuales de características claramente diferenciadas, lixiviado de vertedero y efluentes de la industria del corcho. Debido a la complejidad de estas aguas se realizará la caracterización inicial de la misma y el seguimiento de la evolución de los tratamientos mediante técnicas analíticas avanzadas (LC-MS, GC-MS), parámetros globales (TOC, DQO, biodegradabilidad, etc.) y baterías de bioensayos (toxicidad mediante diferentes organismos).

#### Objetivos:

- Caracterización de aguas residuales de diverso origen mediante protocolos de análisis de amplio espectro que incluyan la selección de procedimientos de extracción y técnicas analíticas combinadas.
- Establecimiento de una metodología global para determinar la detoxificación y biocompatibilidad de las aguas residuales tratadas mediante procesos avanzados, mediante la comparación de distintos métodos de medida de toxicidad y biodegradabilidad.
- Selección de la mejor opción entre diferentes tratamientos de oxidación avanzada (foto-Fenton,  $O_3/OH^-$ ,  $O_3/H_2O_2$ ) y su combinación con depuración biológica.



### 2.2.9.2 Desinfección de efluentes secundarios de EDAR mediante el proceso foto-Fenton solar en reactores tipo "raceway". Efecto sobre la transferencia de resistencias a los antibióticos (SOLFENDIS).

**Participantes:**

Unidades funcionales de "Regeneración de aguas" y "Análisis Ambiental"

**Contactos:**

J. A. Sánchez (jsanchez@ual.es)

A. Agüera (aaguera@ual.es)

**Fuente de financiación:**

Ministerio de Economía y Competitividad. (CTQ2016-78255-R)

**Duración prevista:**

Diciembre 2016 – Diciembre 2019.

**Situación:**

En curso (1º Anualidad)

**Resumen:**

Existen investigaciones previas sobre desinfección de aguas de secundario mediante foto-Fenton solar a pequeña escala y, en menor número, a escala de planta piloto en reactores tubulares provistos de captadores solares tipo CPC (Compound parabolic collector). No obstante, y pese al interés que la regeneración de aguas para riego tiene en España, no se conocen experiencias a gran escala ni evaluación de costes del proceso, fundamentalmente debido al carácter reciente de estas investigaciones. Para cualquiera de los diversos usos para los que está permitida la reutilización de aguas residuales tratadas (RD 1620/2007), es necesario disminuir el contenido de microorganismos patógenos en el agua regenerada. En este sentido, el equipo solicitante ha investigado sobre la utilización de reactores abiertos tipo "raceway" para la eliminación de contaminantes orgánicos, a concentraciones de microgramos por litro (microcontaminantes) con resultados prometedores, que han despertado el interés de la comunidad científica. Sin embargo, hasta donde sabemos, nunca se han utilizado estos reactores para desinfección de aguas. Otro aspecto que no ha sido evaluado, es su capacidad para reducir el riesgo de difusión de resistencias a los antibióticos (AR). La resistencia a los antibióticos es hoy en día uno de los problemas de salud pública más apremiantes a nivel mundial. España es reconocida como un país con una alta prevalencia de resistencia, sobre todo en especies que causan infecciones fundamentalmente: Neumococo, Meningococo, Haemophilus influenzae, Campylobacter sp, Salmonella sp o E. coli, siendo también uno de los países con mayor consumo de antibióticos por habitante. Existen evidencias de que los procesos de desinfección de aguas residuales convencionales no son eficaces en el control de la difusión de AR. En este contexto, también se ha investigado sobre la generación de productos derivados en los procesos de desinfección y la necesidad de un control analítico mediante técnicas sofisticadas avanzadas, así como del seguimiento de la ecotoxicidad de las aguas tratadas. Finalmente, la evaluación económica y la minimización del coste son determinantes para llevar esta tecnología al ámbito comercial, fin último de la investigación propuesta.

La hipótesis de partida de este proyecto es que se pueden utilizar reactores abiertos tipo "raceway" para desinfectar aguas de secundario mediante el proceso foto-Fenton solar, sin generar productos derivados tóxicos, mejorando el control de la difusión de resistencias a los antibióticos y reduciendo sustancialmente los costes.

**Objetivos:**

- Estudio de las variables de operación de los reactores "raceway" para la desinfección de aguas, dosificación de reactivos y profundidad del líquido, a escala piloto. Obtener las condiciones de operación más favorables para el sistema propuesto.
- Seguimiento analítico de microcontaminantes, de sus productos de transformación y de los productos derivados de la desinfección, mejorando y validando nuevos métodos.

- Evaluación del efecto de los tratamientos en el potencial de transferencia de resistencias a los antibióticos, a través de la inactivación de las bacterias resistentes a los antibióticos y la evaluación de la variación de los genes resistentes.
- Optimización económica del proceso propuesto a escala piloto a fin de facilitar la toma de decisiones para su implantación a mayor escala y pre-comercialización de la tecnología desarrollada.

### 2.2.9.3 Pollutant Photo-NF remediation of Agro-Water (LIFE PureAgroH2O)

**Participantes:**

Unidades funcionales de "Regeneración de aguas" y "Análisis Ambiental"

**Contactos:**

A. Agüera (aaguera@ual.es)

**Fuente de financiación:**

LIFE Environment and Resource Efficiency, EU. (LIFE17 ENV/GR/000387)

**Duración prevista:**

Julio 2018 – Diciembre 2021.

**Situación:**

En curso (1º Anualidad)

**Resumen:**

El LIFE PureAgroH2O es un proyecto de carácter demostrativo, orientado al desarrollo de un reactor de nanofiltración fotocatalítica (PNFR) que utiliza un dispositivo de purificación de agua patentado y desarrollado previamente, basado en el empleo de monolitos fotocatalíticos avanzados y fotocatalizadores activados con luz visible (VLA) estabilizados con fibra polimérica porosa, que ha sido diseñado para eliminar de forma efectiva sustancias orgánicas presentes en aguas residuales. La innovación del reactor radica en la sinergia entre dos de los procesos más eficientes para la eliminación de plaguicidas de las aguas residuales agrícolas: la nanofiltración (NF) y la fotocatalisis. Esta sinergia proporciona una intensificación significativa del proceso que, a su vez, permite una reducción de las dimensiones del reactor (costes de inversión) y una disminución en el coste operacional (costes de operación). El consorcio pretende garantizar el funcionamiento autónomo del proceso proporcionando una eficiencia estable que no dependerá de las condiciones estacionales (irradiación solar) ni de la composición de las aguas residuales agrícolas. Adicionalmente, la posibilidad de lograr una reducción del 60% en la presión transmembrana requerida permite una extensión significativa de la vida útil del proceso (2 veces) y una mayor eficacia en la eliminación de contaminantes orgánicos e inorgánicos (>99.5%).

**Objetivos:**

El principal objetivo del Proyecto LIFE PureAgroH2O es la aplicación a escala piloto de la Nanofiltración Fotocatalítica para el tratamiento del agua residual producida en las instalaciones de la Cooperativa Agrícola de Zagora, Grecia, y de Cítricos del Andarax S.A., en Almería, España. El proyecto LIFE PureAgroH2O pretende demostrar al sector agro-industrial- responsable del consumo de un porcentaje significativo de agua en todo el mundo- el potencial del empleo de la tecnología de Nanofiltración Fotocatalítica a nivel comercial, y así contribuir a la solución de importantes problemas medioambientales, energéticos y sociales.

### 2.2.10 Participación en Redes durante 2018

Participación en la "Iberoamerican Solar Water Treatment Network". Programa de Apoyo a la Formación de Redes Internacionales entre Centros de Investigación, Convocatoria 2018. Programa de Cooperación Internacional de CONICYT.

### 2.2.11 Transferencia y Actividades Complementarias

Participación en la **European COST Action titulada: 'NEW AND EMERGING CHALLENGES AND OPPORTUNITIES IN WASTEWATER REUSE (NEREUS)'** (<http://www.nereus-cost.eu/>). En octubre de 2018, tuvo lugar la reunión final del proyecto en Limasol (Chipre), que se hizo coincidir XENOWAC II Conference.

### 2.2.12 Actividades de Difusión

Se ha participado con un stand en la Noche Europea de los Investigadores 2018, actividad desarrollada en el marco del proyecto europeo de divulgación científica OpenResearchers aprobado por la Comisión Europea en la convocatoria de acciones Marie Skłodowska-Curie.

Se ha participado en la actividad de difusión organizada por CIESOL dentro del espacio "Ventana a la Ciencia. Proyectos de I+D+i en Andalucía" con el proyecto "Diversificando el uso de la Energía Solar", desarrollado del 17 de abril al 8 de julio de 2018 en el Parque de las Ciencias de Granada.

Se ha participado en el workshop "The use of reclaimed water: best practices and new challenges" en el marco del Proyecto Marie Skłodowska-Curie ALICE por invitación de ESAMUR en Murcia el 18 de Junio de 2018.

Miembros del grupo han participado como profesores en la escuela de Procesos de Oxidación Avanzada que tuvo lugar en la Universidad de la Amazonía, Florencia (Colombia) los días 29 y 30 de Octubre, 2018.

### 2.2.13 Proyectos solicitados durante 2018

- Solicitud del proyecto "Reutilización de agua regenerada en cultivos reales de agricultura intensiva: evaluación de la transmisión de antibióticos, bacterias y genes resistentes en el nexo agua-suelo-planta" a la Convocatoria de proyectos I+D+i en el marco del Programa Operativo FEDER-Andalucía 2014-2020. PENDIENTE DE RESOLUCIÓN.
- Solicitud del proyecto "Reutilización de agua regenerada en cultivos reales de agricultura intensiva: evaluación de la transmisión de antibióticos, bacterias y genes resistentes en el nexo agua-suelo-planta" en la Convocatoria de subvenciones a "proyectos de I+D+I" universidades y entidades públicas de investigación, del Plan Andaluz de Investigación, Desarrollo e Innovación (PAIDI 2020) Junta de Andalucía. PENDIENTE DE RESOLUCIÓN.
- "Renovación del laboratorio análisis de aguas del CIESOL (EQC2018-004807-P). Convocatoria para la adquisición de equipamiento científico-técnico (2018) Ministerio de Ciencia, Innovación y Universidades. CONCEDIDO. 112,828.60 euros.
- Solicitud del proyecto "Upgrading wastewater treatment plants by Low cost Innovative technologies for energy Self-Sufficiency and full recycling". LIFE ULISES UE Project. 2018 LIFE call for proposals for traditional projects - Environment and resource efficiency. Primer corte superado. Propuesta completa presentada en enero de 2019. Actualmente en evaluación.

### 2.2.14 Otros

#### Trabajos fin de grado:

- Alvaro Jesus Gilabert Belmonte: Evaluación de los niveles de microcontaminantes en efluentes tratados con microalgas.
- María Dolores Berenguel: Análisis de pesticidas en aguas residuales de una industria agroalimentaria mediante cromatografía líquida acoplada a espectrometría de masas.

- María del Mar Simón Lucas: Determinación de antibióticos en efluentes de aguas residuales urbanas mediante cromatografía de líquidos acoplada a espectrometría de masas

**Tesis doctorales en proceso de realización**

- Marina Celia Campos Mañas (supervisores Ana Agüera y Jose Antonio Sánchez).
- Ana Ruiz Delgado (supervisores Isabel Oller y Ana Agüera).

**Premios obtenidos durante 2018**

- La Univ. de Almería, con ocasión de su 25 Aniversario, reconoce a Sixto Malato Rodríguez como antiguo alumno de honor de la Facultad de Ciencias Experimentales.
- Marina C. Campos Mañas mejor comunicación oral en dos congresos internacionales. 14<sup>th</sup> Annual LC/MS/MS Workshop On Environmental Applications And Food Safety. Barcelona (Spain 26-27) June 2018 y 40<sup>th</sup> International Conference on Environmental & Food Monitoring (ISEAC-40). Santiago de Compostela (Spain) 19-22 June 2018
- Premio Duna de Grupo Ecologista Mediterráneo a Sixto Malato en reconocimiento a la labor desarrollada desde hace años en el ámbito de la energía solar y sus aplicaciones en la resolución de problemas, especialmente las destinadas al agua, tanto en la generación como en la depuración o la detoxificación.

## 2.3 ACTIVIDADES EN “TECNOLOGÍAS AVANZADAS PARA LA REGENERACIÓN DE AGUAS”

### 2.3.1 Descripción de la unidad

La Unidad Funcional ha estado formada durante 2018 por 14 investigadores, contando con un catedrático de universidad, un investigador titular de OPI, una investigadora contratada de OPI, dos profesores titulares de universidad, dos doctoras contratadas a cargo de proyectos, dos doctoras contratadas Juan de la Cierva y cinco investigadoras predoctorales, como se detalla en el apartado 2.3.7. El grupo trabaja en la descontaminación de aguas contaminadas con tóxicos persistentes, eliminación de microcontaminantes y desinfección de aguas depuradas para su reutilización. Dispone de equipamiento analítico básico situado en los laboratorios 1 y 2 del centro, así como de plantas piloto para tratamientos biológicos y fotoquímicos de aguas, en el patio de ensayos.

### 2.3.2 Líneas estratégicas del grupo

Estudio de la fotocatalisis solar para la eliminación de sustancias tóxicas y la desinfección de aguas, así como su combinación con métodos biológicos avanzados. Las líneas estratégicas de actuación son:

- Aplicación de foto-Fenton solar a la descontaminación de aguas tóxicas
- Aplicación de foto-Fenton solar a la eliminación de microcontaminantes en aguas depuradas
- Aplicación de foto-Fenton solar a la desinfección de aguas depuradas (regeneración)
- Combinación de foto-Fenton solar con reactores biológicos de membrana (pre- y post-tratamiento)
- Optimización de la operación y desarrollo de nueva tecnología para foto-Fenton
- Economía de los procesos de tratamiento de aguas

### 2.3.3 Investigadores principales del grupo

**José Antonio Sánchez Pérez** (Scopus Author ID 57195586656 )

Catedrático de Universidad. Departamento de Ingeniería. Químico Industrial (1988) y Doctor en Ciencias Químicas (1992) por la Universidad de Granada. Ha participado en 21 proyectos de I+D de ámbito nacional e internacional, liderando 11 de ellos, así como en una docena de contratos con empresas. Ha dirigido catorce tesis doctorales en distintos campos como la biotecnología de microalgas, la fermentación de hongos filamentosos y el tratamiento de aguas y es coautor de cuatro patentes y más de 140 publicaciones científicas en revistas internacionales.

**Manuel Ignacio Maldonado Rubio** (Scopus Author ID 8966864500)

Doctor en Ciencias Químicas por la Universidad de Almería (2001). Licenciado C. Químicas (Ing. Química) por la Universidad de Granada (1994). Master en Ciencias Medioambientales por el Instituto de Investigaciones Ecológicas (Málaga, 1999). Desde 2002 es investigador en el Área de Aplicaciones Medioambientales de la Energía Solar en la Plataforma Solar de Almería (CIEMAT). Su labor científica ha estado fundamentalmente centrada en Proyectos de I+D relacionados con la descontaminación de aguas mediante procesos de oxidación avanzada. Ha participado (participa) como investigador en 9 Proyectos Nacionales, 15 Proyectos Internacionales (IV, V, VI y H2020 European Union Framework Programmes) y 5 Contratos de Investigación con Empresas relacionados con el desarrollo de Tecnologías Solares para el tratamiento de aguas residuales industriales y desalación. Autor de 6 libros en Editorial Nacional y co-autor de 20 libros y capítulos de libros en Editorial Internacional, co-autor de más de 106 publicaciones en revistas científicas internacionales con índice de impacto (factor H=42), más de 140 contribuciones a Congresos y Simposiums internacionales y diversas contribuciones a congresos nacionales. Designado por la web estadística <http://indice-h.webcindario.com/> como “investigador de excelencia” del ránking nacional.

### 2.3.4 Resumen de la actividad desarrollada en CIESOL durante 2018

El año 2018 ha estado marcado por la finalización del proyecto SULAYR y el arranque del proyecto PureAgroH2O, si bien el proyecto que más ha centrado la actividad ha sido el SOLFENDIS. Entre las diferentes y diversas actividades desarrolladas este año, hay dos acciones destacables: la consolidación de los reactores en canal abiertos (RPR, de sus siglas en inglés raceway pond reactor) como alternativa tecnológica para tratamiento de aguas mediante foto-Fenton solar y la operación en modo continuo, que permite aumentar notablemente la capacidad de tratamiento de este proceso. Desde el punto de vista fotoquímico, se ha profundizado en el estudio cinético del proceso foto-Fenton a pH neutro usando el complejo Fe(III)-EDDS para la eliminación de microcontaminantes, dando lugar a su modelización. Por otro lado, se ha continuado con el sulfato ferroso como aporte de Fe para la desinfección de aguas depuradas y su reutilización para riego. En este caso, aún precipitando el hierro como hidróxido, es eficiente para la inactivación de bacterias. Asimismo, se ha evaluado su eficiencia para la eliminación de genes resistentes a los antibióticos. En la experimentación, la operación comienza en modo batch durante 120 minutos con 20 mg de Fe L<sup>-1</sup> y 50 mg de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> L<sup>-1</sup>, seguido de operación en flujo continuo durante tres días consecutivos con 20 mg de Fe L<sup>-1</sup> y 30 mg de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> L<sup>-1</sup> a fin de evitar grandes excesos de peróxido de hidrógeno en estado estacionario. Los resultados de la inactivación bacteriana mostraron que 30 minutos de tiempo de residencia hidráulico es la condición de operación más eficiente capaz de producir 305 m<sup>3</sup> · m<sup>-2</sup> · año<sup>-1</sup> de agua desinfectada cumpliendo con la Ley Española (RD 1620/2007) para la reutilización del agua para riego agrícola. Además, se evaluó la reducción en el suministro de hierro desde 20 hasta 2.5 mg L<sup>-1</sup> en modo continuo con 30 mg de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> L<sup>-1</sup>. Se alcanzó una inactivación eficiente de los microorganismos para 10 y 5 mg de Fe L<sup>-1</sup>, lo que redujo el consumo de hierro en estado estacionario cuatro veces. Esta investigación abre una nueva línea de trabajo sobre la optimización de la desinfección de aguas residuales mediante foto-Fenton solar a gran escala.

En cuanto a movilidad, durante 2018 hemos acogido al Dr. Antonino Fiorentino de la Universidad de Salerno, Italia, durante tres meses, de febrero a abril, en una colaboración con la Unidad Funcional de Análisis Ambiental, dentro de la red COST NEREUS. También a la estudiante de doctorado Amal Mehri, del Centro de Investigación y Tecnología del Agua de la Universidad de Cartago, en Soliman, Túnez, durante cuatro meses, de abril a julio. De nuestro grupo, Irene de la Obra ha realizado una estancia de 4 meses, de abril a julio, en el EPFL de Suiza, en el grupo del Dr. César Pulgarín.

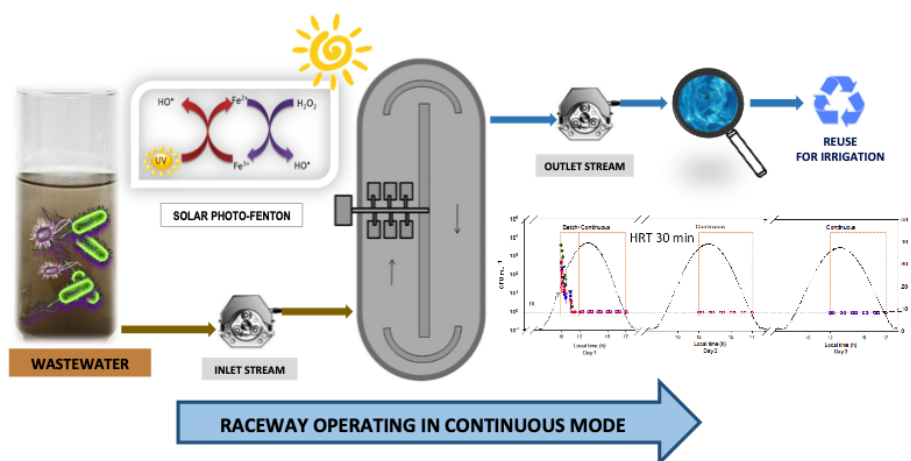


Figura 2.3.1. Esquema conceptual de la operación del proceso foto-Fenton solar en modo continuo para la desinfección de aguas depuradas.

### 2.3.5 Colaboración con otras Unidades Funcionales de CIESOL durante 2018

Existe una estrecha colaboración con el grupo “Evaluación analítica de tratamientos de aguas y análisis ambiental”, complementando y fortaleciendo las principales líneas de trabajo actuales, con la que se



comparten los proyectos SOLFENDIS (CTQ2016-78255-R ) y PureAgroH2O. Con la Unidad de "Modelado y control" se ha iniciado la colaboración para la implementación de sistemas de control al proceso de desinfección y descontaminación mediante foto-Fenton solar operado en modo continuo. Durante 2018 esta colaboración se ha materializado en la codirección de dos trabajos fin de grado, uno del Grado en Ingeniería Química Industrial ("Desinfección y eliminación de microcontaminantes en efluentes secundarios de EDAR mediante foto-Fenton solar en reactores Raceway. Simulación y diseño del controlador del proceso", Patricia Pintor Sola, Julio 2018) y otro del Grado en Ingeniería Electrónica Industrial ("Modelado y diseño de una estrategia de control del sistema de descontaminación de aguas por el proceso de Photo-Fenton", Raúl Castro López, Septiembre 2018). Los avances alcanzados con ambos trabajos fin de estudios están siendo completados y está previsto que se publiquen como artículo de investigación en 2019.

### **2.3.6 Recursos humanos de la Unidad Funcional incluyendo la incorporación de nuevo personal: becas, contratos pre y post doctorales**

Durante 2018 se han incorporado al grupo dos doctoras, Sara Miralles Cuevas con un contrato Juan de la Cierva y Guadalupe Pinna Hernández contratada en un proyecto de investigación.

### **2.3.7 Producción Científica**

#### **Artículos**

- P. Soriano Molina, J. L. García Sánchez, S. Malato, L. A. Pérez-Estrada, J. A. Sánchez Pérez. Effect of Volumetric Rate of Photon Absorption on the kinetics of micropollutant removal by solar photo-Fenton with Fe<sup>3+</sup>-EDDS at neutral pH. Chemical Engineering Journal 331C: 84-92 (2018) ) <https://doi.org/10.1016/j.cej.2017.08.096>
- Cabrera Reina, A. B. Matínez-Piernas, Y. Bertakis, C. Brebou, N. P. Xekoukoulotakis, A. Agüera, J. A. Sánchez Pérez. Photochemical degradation of the carbapenem antibiotics imipenem and meropenem in aqueous solutions under solar radiation. Water Research 128: 61-70 (2018) <https://doi.org/10.1016/j.watres.2017.10.047>
- Esteban García, G. Rivas, S. Arzate, J. A. Sánchez Pérez. Wild bacteria inactivation in WWTP secondary effluents by solar photo-Fenton at neutral pH in raceway pond reactors. Catalysis Today 313: 72-78 (2018) <https://doi.org/10.1016/j.cattod.2017.10.031>
- S. Nahim-Granados, J. A. Sánchez Pérez, M. I. Polo-López. Effective solar processes in fresh-cut wastewater disinfection: inactivation of pathogenic E. coli O157:H7 and Salmonella enteritidis. Catalysis Today 313: 79-85 (2018) <https://doi.org/10.1016/j.cattod.2017.10.042>
- L. Gallego Valero, E. Moral Pajares, I. M. Román Sánchez, J. A. Sánchez Pérez. Analysis of Environmental Taxes to Finance Wastewater Treatment in Spain: An Opportunity for Regeneration? Water, 10(2): 226 (2018) doi:10.3390/w10020226
- P. Soriano Molina, J. L. García Sánchez, O. M. Alfano, L. O. Conte, S. Malato, J. A. Sánchez Pérez. Mechanistic modeling of solar photo-Fenton process with Fe<sup>3+</sup>-EDDS at neutral pH. Applied Catalysis B: Environmental 233: 234-242 (2018) <https://doi.org/10.1016/j.apcatb.2018.04.005>
- M. Castro-Alfárez, M. I. Polo-López, J. Marugán, P. Fernández-Ibáñez. Validation of a solar-thermal water disinfection model for Escherichia coli inactivation in pilot scale solar reactors and real conditions. Chemical Engineering Journal 331: 831-840 (2018) <http://dx.doi.org/10.1016/j.cej.2017.09.015>
- A.B. Martínez-Piernas, M.I. Polo-López, P. Fernández-Ibáñez, A. Agüera. Validation and application of a multiresidue method based on liquidchromatography-tandem mass spectrometry for

evaluating the plant uptake of 74 microcontaminants in crops irrigated with treated municipal wastewater. *Journal of Chromatography A* 1534:10-21 (2018) <https://doi.org/10.1016/j.chroma.2017.12.037>

- N. F.F. Moreira, C. Narciso-da-Rocha, M. I. Polo-Lopez, L.M. Pastrana-Martínez, J.L. Faria, C.M. Manaia, P. Fernandez-Ibañez, O.C. Nunes, A.M.T. Silva. Solar treatment (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, TiO<sub>2</sub>-P25 and GO-TiO<sub>2</sub> photocatalysis, photo-Fenton) of organic micropollutants, human pathogen indicators, antibiotic resistant bacteria and related genes in urban wastewater. *Water Research* 135:195-206 (2018) <https://doi.org/10.1016/j.watres.2018.01.064>
- L. Ponce-Robles, M.I. Polo-López, I. Oller, J.A. Garrido-Cardenas, S. Malato. Practical approach to the evaluation of industrial wastewater treatment by the application of advanced microbiological techniques. *Ecotoxicology and Environmental Safety* 166:123-131 (2018) <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2018.09.044>
- García-Fernández, S. Miralles-Cuevas, I. Oller, S. Malato, P. Fernández-Ibañez, M.I. Polo-López. Inactivation of *E. coli* and *E. faecalis* by solar photo-Fenton with EDDS complex at neutral pH in municipal wastewater effluents. *Journal of Hazardous Materials* (2018) In press. doi: 10.1016/j.jhazmat.2018.07.037
- Manuel I. Maldonado, A. López-Martín, G. Colón, J. Peral, J.I. Martínez-Costa, S. Malato. "Solar pilot plant scale hydrogen generation by irradiation of Cu/TiO<sub>2</sub> composites in presence of sacrificial electron donors". *Applied Catalysis B: Environmental* 229 (2018) 15–23. <http://dx.doi.org/10.1016/j.apcatb.2018.02.005>
- M. Ilkaeva; I. Krivtsov; J.R. García; E. Díaz; S. Ordóñez; E.I. García-López; G. Marci; L. Palmisano; M.I. Maldonado; S. Malato. "Selective photocatalytic oxidation of 5-hydroxymethyl-2-furfural in aqueous suspension of polymeric carbon nitride and its adduct with H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> in a solar pilot plant". *Catalysis Today*, 315, 138-148. 2018. <http://dx.doi.org/10.1016/j.cattod.2018.03.013>.

### Capítulos de libros

- J. A. Sánchez Pérez, S. Malato Rodríguez. Tratamiento de aguas con técnicas de energía solar. Ecuaciones y cálculos para el tratamiento de aguas. Ediciones Paraninfo, S.A. (2018). ISBN: 978-84-283-4152-3 Depósito Legal: M-40486-2018
- M. I. Polo-López, S. Nahim Granados, P. Fernández Ibañez. Homogeneous Fenton and Photo-Fenton Disinfection of Surface and Groundwater (Chapter 169). *Applications of Advanced Oxidation Processes (AOPs) in Drinking Water Treatment*, Eds. A. Gil et al. The Handbook of Environmental Chemistry, 2018. Volume 67, 2019, Pages 155-177. ISBN: 978-3-319-76881-6 DOI 10.1007/978-3-319-76881-6\_129, Springer International Publishing AG
- C. Pablos, I. Polo, P. Fernández, F. Pérez, J. Marugán. Advanced Oxidation Processes (AOPs) and Quantitative Analysis for Disinfection and Treatment of Water in the Vegetable Industry. F. Pérez-Rodríguez et al. (eds.), *Quantitative methods for food safety and quality in the vegetable industry*, Food Microbiology and Food Safety, Springer International Publishing AG 2018. ISBN: 978-3-319-68175-7 [https://doi.org/10.1007/978-3-319-68177-1\\_5](https://doi.org/10.1007/978-3-319-68177-1_5)

### Congresos

- 10<sup>th</sup> European meeting on Solar Chemistry and Photocatalysis: Environmental Applications SPEA10. June 4-8, 2018, Almería (Spain).

- XIII Congreso Español de Tratamientos de Aguas. META 2018. León 18-20 junio 2018.
- Joint UK and Ireland/Spain Semiconductor Photochemistry Meeting. Las Palmas de Gran Canaria 10-11 September 2018.
- ISEC 2018 International Sustainable Energy Conference, Gratz (Austria), 3-5 october 2018.

### Contribuciones a congresos

Maldonado, M. I., López-Martín, A., Colón, G., Peral, J., Martínez-Costa, J. I., Malato, S. "Solar Pilot Plant Scale Hydrogen Generation by Irradiation of Cu/TiO<sub>2</sub> Composites in Presence of Sacrificial Electron Donors". 10<sup>th</sup> European meeting on Solar Chemistry and Photocatalysis: Environmental Applications SPEA10. June 4-8, 2018, Almería (Spain).

De La Obra, Irene; Casado, Cintia; Garcia-Sanchez, Jose Luis; Casas-Lopez, Jose Luis; Marugan, Javier; Sanchez-Perez, Jose Antonio. Phenomenological study of the role of precipitated iron on bacterial inactivation by the photo-Fenton process at circumneutral pH. 10<sup>th</sup> European meeting of Solar Chemistry and Photocatalysis: Environmental Applications (SPEA10), Almería (Spain). June 4-8, 2018.

Toledo Camacho, S. Y., Rey, A., Maldonado, M. I., Contreras, S., Medina, F., "Photocatalytic hydrogen generation in a solar pilot plant using Pd/TiO<sub>2</sub>(-WO<sub>3</sub>) based catalyst". 10<sup>th</sup> European meeting on Solar Chemistry and Photocatalysis: Environmental Applications SPEA10. June 4-8, 2018, Almería (Spain).

M. I. Maldonado, S. Malato, I. Oller, "Generación de hidrogeno en planta piloto solar mediante Cu/TiO<sub>2</sub> con eliminación simultánea de contaminantes en fase acuosa". XIII Congreso Español de Tratamientos de Aguas. META 2018. León 18-20 junio 2018. Oral Presentation.

Casas López, José Luis; Rivas Ibáñez, Gracia; Rodríguez Ruano, Isabel; Martínez Rodríguez, Francisco Javier. Hacia un tratamiento integral e inteligente de la radiactividad natural en los servicios de abastecimiento de agua. Life Alchemia. XIII Congreso Español de Tratamientos de Aguas. META 2018. León 18-20 junio 2018.

De La Obra, Irene; Casado, Cintia; Esteban-García, Ana-Belén; Garcia-Sanchez, Jose Luis; Casas-Lopez, Jose Luis; Marugan, Javier; Sanchez-Perez, Jose Antonio. Estudio fenomenológico del papel del hierro precipitado en la inactivación bacteriana mediante el proceso foto-Fenton solar a pH neutro. XIII Congreso Español de Tratamiento de Aguas, León (Spain). 18-20 June 2018.

M. I. Maldonado, "Solar water treatment and hydrogen production". Joint UK and Ireland/Spain Semiconductor Photochemistry Meeting. Las Palmas de Gran Canaria 10-11 September 2018. Oral Presentation

Maldonado, Manuel I.; Malato, Sixto; Nolan, Michael; Colón, Gerardo; van Ommen, J.R.; Oller, Isabel, "RATOCAT PROJECT: Rational design of highly effective photocatalysts with atomic-level control". ISEC 2018 International Sustainable Energy Conference, Gratz (Austria), 3-5 october 2018.

### Congresos organizados

- Organización del "10<sup>th</sup> European Meeting on Solar Chemistry and Photocatalysis: Environmental Applications" (Almería, 4-8 de junio de 2018), en colaboración con la Unidad de "Análisis Ambiental".

### 2.3.8 Miembros de la unidad

**José Antonio Sánchez Pérez**



Catedrático de Ingeniería Química  
UAL  
jsanchez@ual.es  
(+34) 950 215 314 www.ciesol.com

**Manuel Ignacio Maldonado**



Investigador Titular de OPI  
CIEMAT-PSA  
mignacio.maldonado@psa.es  
(+34) 950 215 314 www.psa.es

**María Inmaculada Polo López**



Investigadora contratada OPI  
CIEMAT-PSA

**José Luis Casas López**



Profesor Titular de Ingeniería Química  
UAL

**José Luis García Sánchez**



Profesor Titular de Ingeniería Química  
UAL

**Ana Belén Esteban García**



Doctora contratada  
UAL

**María Guadalupe Pinna Hernández**



Doctora Contratada  
Proyecto ALCHEMIA

**Sara Miralles Cuevas**



Doctora Contratada  
Juan de la Cierva, UAL

**Gracia Rivas Ibáñez**



Doctora Contratada  
Juan de la Cierva, CIEMAT-PSA

**Paula Soriano Molina**



Contrato predoctoral FPU  
UAL

**Leila Samira Nahim Granados**



Contrato predoctoral FPU  
CIEMAT-PSA

**Irene Salmerón García**



Contrato predoctoral FPU  
CIEMAT-PSA

Irene de la Obra Jiménez



Contrato predoctoral FPU  
UAL

Sandra Arzate Salgado



Contrato predoctoral FPI  
UAL

### 2.3.9 Proyectos vigentes durante 2018

#### 2.3.9.1 Diseño de nuevos reactores para foto-Fenton solar aplicados a la regeneración de aguas. Economía, escalado y control del proceso (SULAYR)

**Participantes:**

Grupo de Inv. "Ingeniería de Bioprocesos y Tecnologías del Agua". Universidad de Almería (BIO-263)  
Unidad de "Tratamientos Solares de Agua". PSA-CIEMAT

**Contactos:**

J. A. Sánchez (jsanchez@ual.es)  
P. Fernández (pfernandez@psa.es)

**Fuente de financiación:**

Junta de Andalucía. Proyecto de Excelencia 2012. (P12-RNM-1437)

**Duración prevista:**

Enero 2014 – Enero 2019

**Situación:**

En curso

**Resumen:**

Se han estudiado muchos aspectos acerca del proceso foto-Fenton con el objetivo de conocer los factores que le afectan y poder así mejorar su eficiencia. Un factor importante es el tipo de fotorreactor donde el proceso tiene lugar. Estos fotorreactores se fueron desarrollando a escala experimental en paralelo con las demás aplicaciones de la energía solar y en los primeros años del siglo XXI se aceptó mayoritariamente el uso de plantas basadas en captadores solares cilindro parabólicos compuestos (CPC). Habiendo llegado a un conocimiento del proceso bastante amplio, se plantea el estudio de nuevas plantas de tratamiento que tengan en cuenta el espacio (área) que los fotorreactores ocupan y el volumen de agua que se puede tratar en esta área. Este concepto fue poco estudiado en el desarrollo de las primeras plantas ya que se priorizó en la capacidad de captación solar.

**Objetivos:**

- Diseñar nuevos fotorreactores solares (configuración del captador, diámetro de tubo, disposición de los tubos) para optimizar tanto la radiación solar incidente como el volumen de agua tratado por unidad de área.
- Diseñar nuevos procesos de control y automatización del reactor para foto-Fenton solar aplicando diversas estrategias de adición de reactivos optimizando su consumo.
- Estudiar el escalado del proceso de regeneración de aguas considerando las variables de diseño del reactor y los objetivos de calidad del agua tratada.
- Realizar un estudio económico detallado de la implantación de los fotorreactores desarrollados para el tratamiento terciario de aguas residuales.

### 2.3.9.2 Desinfección de efluentes secundarios de EDAR mediante el proceso foto-fenton solar en reactores tipo "raceway". Efecto sobre la transferencia de resistencias a los antibióticos (SOLFENDIS)

**Participantes:**

Unidad funcional "Tecnologías avanzadas para la regeneración de aguas"  
Unidad funcional "Evaluación analítica de tratamientos de aguas y análisis ambiental"

**Contactos:**

J. A. Sánchez (jsanchez@ual.es)  
Agüera (aaguera@ual.es)

**Fuente de financiación:**

Ministerio de Economía y Competitividad. (CTQ2016-78255-R)

**Duración prevista:**

Enero 2017 – Diciembre 2019

**Situación:**

En curso

**Resumen:**

Pese al interés que la regeneración de aguas para riego tiene en España, no se conocen experiencias a gran escala ni evaluación de costes del proceso foto-Fenton solar, fundamentalmente debido al carácter reciente de estas investigaciones. Para cualquiera de los diversos usos para los que está permitida la reutilización de aguas residuales tratadas (RD 1620/2007), es necesario disminuir el contenido de microorganismos patógenos en el agua regenerada. En este sentido, nunca se han utilizado reactores tipo "raceway" para desinfección de aguas. Otro aspecto que no ha sido evaluado, es su capacidad para reducir el riesgo de difusión de resistencias a los antibióticos (AR). La resistencia a los antibióticos es hoy en día uno de los problemas de salud pública más apremiantes a nivel mundial. España es reconocida como un país con una alta prevalencia de resistencia, sobre todo en especies que causan infecciones fundamentalmente: Neumococo, Meningococo, Haemophilus influenzae, Campylobacter sp, Salmonella sp o E. coli, siendo también uno de los países con mayor consumo de antibióticos por habitante. Existen evidencias de que los procesos de desinfección de aguas residuales convencionales no son eficaces en el control de la difusión de AR. En este contexto, también se ha investigado sobre la generación de productos derivados en los procesos de desinfección y la necesidad de un control analítico mediante técnicas sofisticadas avanzadas, así como del seguimiento de la ecotoxicidad de las aguas tratadas. Finalmente, la evaluación económica y la minimización del coste son determinantes para llevar esta tecnología al ámbito comercial.

**Objetivos:**

- Estudiar las variables de operación de los reactores "raceway" para la desinfección de aguas, dosificación de reactivos y profundidad del líquido, a escala piloto.
- Hacer un seguimiento analítico de microcontaminantes, de sus productos de transformación y de los productos derivados de la desinfección, mejorando y validando nuevos métodos.
- Evaluar el efecto de los tratamientos en el potencial de transferencia de AR, a través de la inactivación de las ARB y la evaluación de la variación de los genes resistentes (ARG).
- Optimizar el proceso a escala piloto desde el punto de vista económico a fin de facilitar la toma de decisiones para su implantación a mayor escala y pre-comercialización de la tecnología desarrollada.

### 2.3.9.3 Toward a smart & integral treatment of natural radioactivity in water provision services (LIFE ALCHEMIA) (LIFE16 ENV/ES/000437)

**Participantes:**

CIESOL. Unidad funcional "Tecnologías avanzadas para la regeneración de aguas"  
Fundación CARTIF (Coordinadores)



Diputación de Almería  
Tallinn University of Technology  
University of Tartu  
Viimsi Vesi Ltd (Estonia)

**Contactos:**

J. L. Casas López (jlcasas@ual.es)

**Fuente de financiación:**

Unión Europea. Programa LIFE (LIFE16 ENV/ES/000437)

**Duración prevista:**

Octubre 2017 – Diciembre 2020

**Situación:**

En curso

**Resumen:**

El proyecto Life Alchemia aborda uno de los desafíos actuales en el tratamiento de aguas para consumo humano, como es la presencia de radiactividad natural. Existe una destacable falta de conocimiento por parte de los actores involucrados en la gestión de aguas y puede afirmarse que, a pesar de la legislación vigente (Directiva 2013/51/Euratom), la radiactividad no es un parámetro que se esté supervisando sistemáticamente a nivel europeo. En este sentido cabe destacar que este proyecto cuenta con el apoyo de 43 de estos actores, entre ellos las máximas autoridades nacionales de los 2 países integrantes del consorcio: el Ministerio de Medio Ambiente de Estonia y el Consejo Español de Seguridad Nuclear. Se trata de un problema medioambiental que no se puede resolver en el origen, ya que se genera por la dilución en las aguas subterráneas de minerales ricos en isótopos radiactivos, principalmente uranio (U), radio (RA) y torio (TH). Por lo tanto, se necesitan nuevos sistemas capaces de proporcionar una eliminación sostenible de la radiactividad desde el punto de vista de la rentabilidad y la sostenibilidad. La ósmosis inversa (RO) es el tratamiento más comúnmente usado para esta aplicación; sin embargo, la huella de carbono de este proceso es muy alta y genera grandes volúmenes de rechazo de agua con radiactividad que necesita tratamiento adicional. El proyecto LIFE Alchemia ofrece un avance ante este problema desde dos ángulos. En primer lugar, con el uso de sistemas de tratamiento basados en lechos filtrantes que reducirán hasta cinco veces el costo del tratamiento del agua. En segundo lugar, considerando todo el ciclo de vida de la radiactividad, incluyendo la gestión de los residuos generados.

**Objetivos:**

Los principales objetivos del proyecto Life Alchemia son:

- Demostrar la viabilidad técnica y económica de los lechos filtrantes que se optimizarán para eliminar la radiactividad del agua y minimizar la generación de materiales radiactivos naturales (NORM). Se operarán 4 plantas piloto, 3 en España y una en Estonia, con diferentes estrategias para prevenir la generación de residuos NORM.
- Replicar las soluciones Life Alchemia en instalaciones de otros 5 países europeos (Italia, Polonia y Finlandia, entre otros).
- Promover la transferencia a otras instalaciones y miembros de la UE.
- Alentar la participación activa de las partes interesadas en la aplicación de la Directiva 2013/51/Euratom para minimizar el impacto medioambiental del tratamiento de los radionucléidos en los servicios de suministro de agua.

Durante la ejecución del proyecto, los stakeholders específicos de los sectores destinatarios (proveedores de agua, fabricantes, responsables de la formulación de políticas) se encargarán de garantizar el cumplimiento de los objetivos antes mencionados

#### 2.3.9.4 Pollutant Photo-NF remediation of Agro-Water (LIFE PureAgroH2O)

**Participantes:**

Unidades funcionales de "Regeneración de aguas" y "Análisis Ambiental"

**Contactos:**

A. Agüera (aaguera@ual.es)

**Fuente de financiación:**

LIFE Environment and Resource Efficiency, EU. (LIFE17 ENV/GR/000387)

**Duración prevista:**

Julio 2018 – Diciembre 2021.

**Situación:**

En curso (1º Anualidad)

**Resumen:**

El LIFE PureAgroH2O es un proyecto de carácter demostrativo, orientado al desarrollo de un reactor de nanofiltración fotocatalítica (PNFR) que utiliza un dispositivo de purificación de agua patentado y desarrollado previamente, basado en el empleo de monolitos fotocatalíticos avanzados y fotocatalizadores activados con luz visible (VLA) estabilizados con fibra polimérica porosa, que ha sido diseñado para eliminar de forma efectiva sustancias orgánicas presentes en aguas residuales. La innovación del reactor radica en la sinergia entre dos de los procesos más eficientes para la eliminación de plaguicidas de las aguas residuales agrícolas: la nanofiltración (NF) y la fotocatalisis. Esta sinergia proporciona una intensificación significativa del proceso que, a su vez, permite una reducción de las dimensiones del reactor (costes de inversión) y una disminución en el coste operacional (costes de operación). El consorcio pretende garantizar el funcionamiento autónomo del proceso proporcionando una eficiencia estable que no dependerá de las condiciones estacionales (irradiación solar) ni de la composición de las aguas residuales agrícolas. Adicionalmente, la posibilidad de lograr una reducción del 60% en la presión transmembrana requerida permite una extensión significativa de la vida útil del proceso (2 veces) y una mayor eficacia en la eliminación de contaminantes orgánicos e inorgánicos (>99.5%).

**Objetivos:**

El principal objetivo del Proyecto LIFE PureAgroH2O es la aplicación a escala piloto de la Nanofiltración Fotocatalítica para el tratamiento del agua residual producida en las instalaciones de la Cooperativa Agrícola de Zagora, Grecia, y de Cítricos del Andarax S.A., en Almería, España. El proyecto LIFE PureAgroH2O pretende demostrar al sector agro-industrial- responsable del consumo de un porcentaje significativo de agua en todo el mundo- el potencial del empleo de la tecnología de Nanofiltración Fotocatalítica a nivel comercial, y así contribuir a la solución de importantes problemas medioambientales, energéticos y sociales.

#### 2.3.10 Participación en Redes durante 2018

Participación en la "Iberoamerican Solar Water Treatment Network". Programa de Apoyo a la Formación de Redes Internacionales entre Centros de Investigación, Convocatoria 2018. Programa de Cooperación Internacional de CONICYT.

Participación en la European COST Action titulada: 'NEW AND EMERGING CHALLENGES AND OPPORTUNITIES IN WASTEWATER REUSE (NEREUS)' (<http://www.nereus-cost.eu/>). En octubre de 2018, tuvo lugar la reunión final del proyecto en Limasol (Chipre), que se hizo coincidir XENOWAC II Conference.

### 2.3.11 Transferencia y Actividades Complementarias

Durante 2018, se ha colaborado en con la Diputación de Almería y la confederación empresarial de la provincia de Almería (Asempal) en la elaboración de la memoria de Inversión Territorial Integrada (ITI) para impulsar una estrategia integral del territorio almeriense en base a la especialización inteligente: Agua - Energía - Alimentos y cambio climático.

Participación en la creación del Grupo Operativo Supraautonómico "OPTAGUA" financiado por el Ministerio de Agricultura y Pesca, Alimentación y Medio Ambiente (MAPAMA) para proponer un proyecto innovador que tiene como objetivo ofrecer una solución al problema ambiental que puede devenir si no se soluciona adecuadamente la presencia de microcontaminantes orgánicos (también denominados contaminantes emergentes) en las aguas depuradas para su reutilización en la agricultura. Los integrantes del grupo operativo son: Fundación Cajamar (Las Palmerillas), Sociedad Cooperativa Agrícola de San Nicolás de Tolentino, SAT Las Hortichuelas, Desarrolla Consultores (Grupo Desarrolla), Seneca Green Catalyst, Plataforma Solar de Almería (CIEMAT), Centro de Investigación de la Energía Solar (CIESOL), Asociación de Comunidades de Regantes de Andalucía (FERAGUA), la empresa Aquambiente Servicios para el Sector del Agua, que es el representante del grupo operativo.

### 2.3.12 Actividades de Difusión

Actividad de difusión dentro del espacio "Ventana a la Ciencia. Proyectos de I+D+i en Andalucía" impulsado por la Conserjería de Conocimiento, Investigación y Universidad de la Junta de Andalucía y el Parque de las Ciencias con el proyecto "Diversificando el uso de la Energía Solar", desarrollado del 17 de abril al 8 de julio de 2018 en el Parque de las Ciencias de Granada. La Ventana a la ciencia es un espacio transparente dentro del parque de las Ciencias abierto a la actualidad de la ciencia y la tecnología, una forma de mostrar a la sociedad trabajos reales de investigación e innovación, así como la actividad desarrollada en el sistema de I+D+i. Una ventana directa al conocimiento liderada por sus protagonistas. El proyecto ha sido evaluado tanto interna como externamente y ha recibido un total de 6.341 visitas tanto de público general, como profesionales, investigadores, docentes y alumnado de todos los niveles.

Noche Europea de los investigadores 2018, actividad desarrollada en el marco del proyecto europeo de divulgación científica OpenResearchers aprobado por la Comisión Europea en la convocatoria de acciones Marie Skłodowska-Curie. La unidad funcional ha participado a través de dos stands. Uno de ellos dedicado a las actividades desarrolladas en el proyecto LIFE Alchemia y titulada "La radiactividad natural en aguas de consumo humano. En busca de un tratamiento sostenible". El otro stand titulado "Del agua y su reutilización mediante tratamientos con tecnología solar" se ha centrado en mostrar los últimos avances en los tratamientos solares para descontaminar y desinfectar aguas residuales para ser reutilizadas con fines agrícolas.

Adicionalmente la unidad funcional ha participado en actividades previas a la Noche Europea de los Investigadores mediante la difusión de la investigación en institutos de enseñanza secundaria, concretamente en el IES El Parador (Roquetas de Mar, Almería) y en el IES Santo Domingo (El Ejido, Almería).

### 2.3.13 Proyectos solicitados durante 2018

Regeneración de aguas para riego mediante energía solar en reactores de bajo coste operados en modo continuo AQUELOO. Proyectos de I+D en el marco del programa operativo FEDER Andalucía 2014-2020, convocatoria 2018. En evaluación

Wastewater reuse by solar technologies (decontamination and desalination) for agricultural irrigation SOLAR-REWATER. Convocatoria PRIMA 2018. Denedago

Control de agua regenerada para uso agrícola: Seguridad alimentaria y comercialización OPTAGUA. Proyecto solciticado en la convocatoria de grupos operativos del Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. En evaluación

Upgrading wastewater treatment plants by Low cost Innovative technologies for energy Self-Sufficiency and full recycling. LIFE ULISES UE Project. 2018 LIFE call for proposals for traditional projects - Environment and resource efficiency. Primer corte superado. Propuesta completa presentada en enero de 2019. Actualmente en evaluación.

Diseño, construcción y operación de una planta piloto de fotocátálisis solar para la desinfección y eliminación de contaminantes emergentes de efluentes secundarios de EDAR, proyecto ERASOL, presentada a la convocatoria 2018 de Proyectos de I+D de la Consejería de Conocimiento, Investigación y Universidad de la Junta de Andalucía. Proyecto presentado en diciembre de 2018. Actualmente en evaluación.

### 2.3.14 Otros

- Premio a Irene de la Obra por la exposición oral en modalidad flash (5 minutos) en el área de biotecnología y bioprocesos del VII Simposio de investigación en ciencias experimentales 14-15 de noviembre 2018, Universidad de Almería.
- Premio por la mejor comunicación tipo póster en la temática de Aguas a Paula Soriano en el 19<sup>th</sup> European Meeting on Environmental Chemistry (EMEC 19), 3-6 de Diciembre 2018 en Royat, Francia

## 2.4 ACTIVIDADES EN "MODELADO Y CONTROL"

### 2.4.1 Descripción de la unidad

A esta unidad funcional pertenecen investigadores del grupo "Automática, Robótica y Mecatrónica" (TEP 197, [arm.ual.es](http://arm.ual.es)) de la Universidad de Almería y de la Plataforma Solar de Almería. El grupo TEP-197 tiene entre sus ámbitos de trabajo la agricultura intensiva, la energía solar, la biotecnología y la bioingeniería, además de la educación en automática, mecanización y robótica en general. Las actividades colaborativas entre el grupo y la PSA vienen desarrollándose de forma ininterrumpida a lo largo de los últimos 25 años, siendo destacable la participación de investigadores de la UAL en el desarrollo algunos de los sistemas SCADA (*Supervisory Control And Data Acquisition*) de plantas de ensayo ubicados en las instalaciones de la PSA. A raíz de las experiencias adquiridas en el proyecto ARFRISOL, el grupo tiene también una línea de actuación vinculada a las aplicaciones de los sistemas de control al confort térmico, visual y de calidad de aire y la eficiencia energética en la edificación.

### 2.4.2 Líneas estratégicas del grupo

Las principales líneas estratégicas del grupo dentro del Centro Mixto CIESOL son las siguientes:

- Modelado y control de plantas termosolares.
- Modelado, control y robótica en agro-industria.
- Eficiencia energética y control de confort en edificios.
- Educación en Ingeniería.
- Modelado y control de fotobiorreactores.
- Vehículos eléctricos.
- Redes energéticas inteligentes.
- Control predictivo, jerárquico y robusto.
- Sistemas de supervisión y comunicaciones industriales.

### 2.4.3 Investigadores principales del grupo

**Manuel Berenguel Soria** (ORCID 0000-0002-3349-7506, Scopus Author 6701834872)

Es catedrático del área de Ingeniería de Sistemas y Automática de la Universidad de Almería. Es Ingeniero Industrial (número 2 de la XXI promoción) y Dr. Ingeniero Industrial por la Universidad de Sevilla, donde recibió el Premio Extraordinario de Doctorado. Sus principales líneas de investigación son el control predictivo y jerárquico con aplicaciones a sistemas energéticos (incluyendo energía solar), agricultura y biotecnología. Ha sido Vicerrector de TIC en la Universidad de Almería (2007-2012) y es responsable del grupo "Automática, Robótica y Mecatrónica" de dicha Universidad (código TEP-197, <http://arm.ual.es>) desde el año 2000. Ha participado en más de 60 proyectos I+D y en más de 30 contratos con empresas. Es co-autor de los libros *Advanced Control of Solar Plants* (Springer, 1997), *Control of Solar Energy Systems* (Springer, 2012), *Control Automático con Herramientas Interactivas* (Pearson Education, 2012), *Comfort Control in Buildings* (Springer, 2014) y *Modeling and Control of Greenhouse Crop Growth* (Springer, 2014). Ha dirigido y co-dirigido 15 tesis doctorales sobre estos temas. Ha publicado más de 120 trabajos en revistas internacionales, más de 150 trabajos en congresos internacionales y 4 patentes. H-index: 40 (Google Scholar), 31 (Scopus), 26 (Web of Science). Ha participado en el Comité Internacional de Programa de 10 congresos internacionales (uno como IPC Chair) y 5 congresos nacionales, actuando como *chairperson* en muchas ocasiones. Es revisor de más de 15 importantes revistas internacionales (con más de 100 trabajos revisados) y desde 2013 es editor adjunto de la Revista Iberoamericana de Automática e Informática Industrial (indexada). Ha sido vocal del

Comité Español de Automática (2003-2008, 2012- 2016), *senior member* de la *IEEE Control System Society* (desde 2000) y miembro de varios Comités Técnicos de la IFAC (TC 8.01 *Control in Agriculture*, TC 6.3. *Power and Energy Systems* and TC 8.4 *Biosystems and bioprocesses*). Es miembro del Comité de Coordinación y Seguimiento del Centro Mixto CIESOL entre la Universidad de Almería y CIEMAT desde 2005, miembro del Consejo Científico de IMDEA Energía desde 2015 y organizador de las Jornadas Nacionales de Automática en 2006.

**Luis José Yebra Muñoz** (Scopus Author 15926309900)

Pertenece al cuerpo de Científicos Titulares de OPI del MINECO. Comenzó su actividad investigadora en el CIEMAT, en el centro Plataforma Solar de Almería (PSA-CIEMAT), en 1999 con realización de una tesis en modelado y control de plantas termosolares, especializándose finalmente en actividades de modelado orientado a objetos de plantas de captadores cilindro-parabólicos con flujo bifásico. Posteriormente ha participado en actividades de investigación que se resume en participación en 35 proyectos de investigación financiados en convocatorias públicas, 2 contratos con empresas, creación de un proyecto de tipo spin-off, codirección de 4 tesis doctorales, 26 publicaciones en revistas JCR, 68 contribuciones a congresos y 4 libros. Durante algunos periodos ha compatibilizado la actividad investigadora con el ejercicio de coordinación de grupos de servicios técnicos de la PSA, como del Servicio de Informática o el Grupo de Informática e Informática Industrial, y en 2011 creó el Grupo de Automática de PSA-CIEMAT formado en la actualidad por 4 investigadores que están adscritos todos al Centro Mixto CIESOL. Dicha actividad en el CIEMAT se ha compatibilizado con la realización de actividades docentes en la Universidad de Almería en el área de Ingeniería de Sistemas y Automática, y es editor y revisor de revistas científicas en esta área, entre las que destacan *Mathematical and Computer Modelling of Dynamical Systems* y *Solar Energy*. Es también editor asociado de *Mathematical Problems in Engineering*.

#### 2.4.4 Resumen de la actividad desarrollada en CIESOL durante 2018

- Diseño de estrategias de control y gestión energética en entornos productivos con apoyo de energías renovables, con especial énfasis en distritos agro-alimentarios.
- Modelado y control de fotobioreactores y fotoreactores. Control y optimización de la producción de biomasa con microalgas como fuente de energía renovable.
- Modelado y control de desaladoras solares. Modelado y optimización para una gestión eficiente de recursos en desalación solar.
- Desarrollo de modelos y controladores de fertirriego y control de humedad en invernaderos y acoplamiento a una desaladora solar.
- Control del crecimiento de cultivos bajo invernadero optimizando criterios de sostenibilidad, económicos.
- Optimización multiobjetivo de sistemas de climatización e iluminación para el confort en edificación sostenible.
- Simulación y control de instalaciones termosolares de captadores cilindro parabólicos en aplicaciones industriales y refrigeración.
- Preparación y coordinación de actividades para futuros proyectos en campo TCP-100 de PSA (sustituto de Acurex).
- Modelado y control cinemático, dinámico y energético de vehículos eléctricos con apoyo de energía solar.
- Control de vehículos aéreos no tripulados.

- Desarrollo de herramientas interactivas, laboratorios virtuales y remotos para Automática.
- Diseño y control de robots.

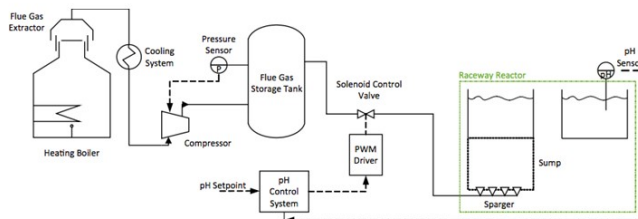
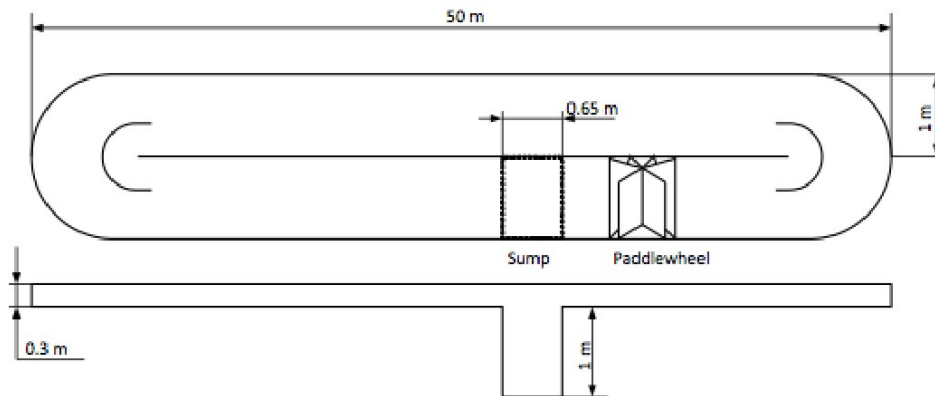
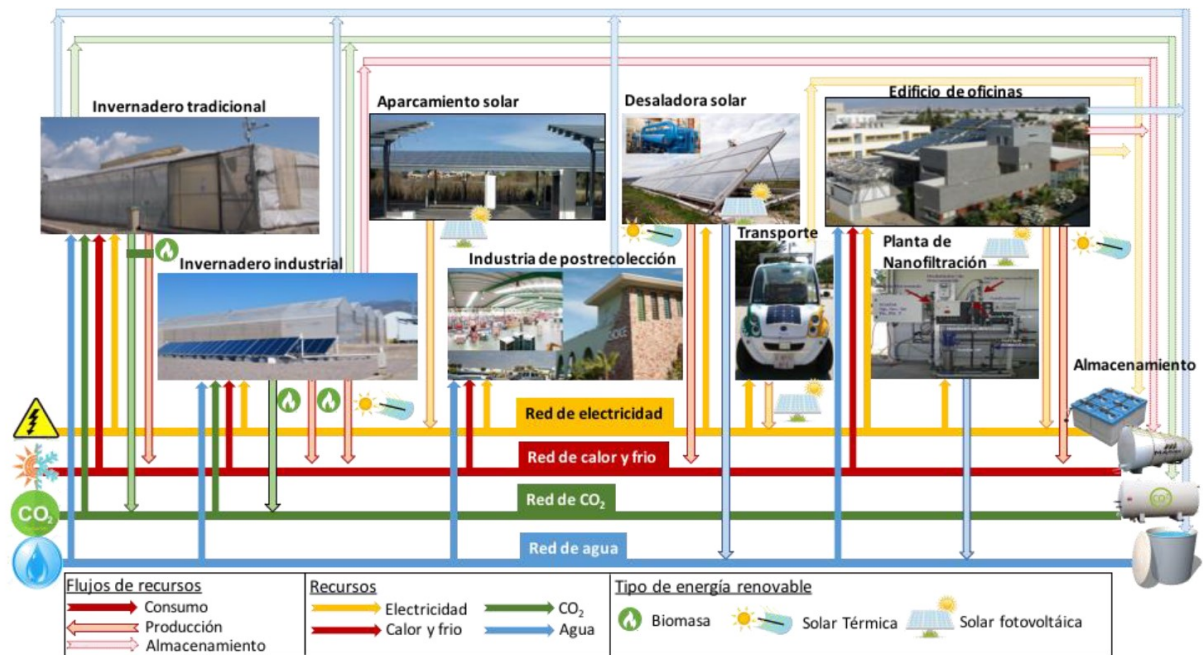


Fig. 2.4.1 Diversos ejemplos de la actividad de la unidad de modelado y control

#### 2.4.5 Colaboración con otras Unidades Funcionales de CIESOL durante 2018

En 2018 la Unidad de Modelado y Control ha mantenido colaboraciones con las siguientes Unidades Funcionales de CIESOL:



- Desalación y Fotosíntesis: Proyectos europeos (SABANA), proyectos del plan nacional, publicaciones conjuntas (desalación, fotobioreactores, invernaderos, ...) Dirección conjunta de TFG, TFM y Tesis Doctorales.
- Análisis Ambiental: colaboración a nivel de dirección conjunta de TFG y TFM. Publicación en Jornadas Nacionales de Automática que ha recibido el premio del grupo temático en Ingeniería de Control. Aparición en prensa local.
- Regeneración de Aguas: colaboración a nivel de dirección conjunta de TFG y TFM. Planificación de publicaciones conjuntas.

Además, se mantienen colaboraciones con PSA en los siguientes ámbitos:

- Máster en Energía Solar
- El grupo de investigación "Automática, Robótica y Mecatrónica" de la Universidad de Almería junto con CIEMAT han colaborado en la línea de investigación de I+D de Automática en plantas termosolares en el marco de diversos proyectos nacionales: Proyecto Nacional - DPI2004-07444-C04-04, Proyecto Nacional - DPI2007-66718-C04-04, Proyecto Nacional - DPI2010-21589-C05-02.
- Colaboración con la Unidad de Eficiencia Energética en la Edificación UIE3 del CIEMAT. La colaboración establecida a partir del proyecto ARFRISOL, ya concluido, ha abierto nuevas opciones de desarrollo de actividades conjuntas de interés común en el ámbito de la caracterización dinámica de las propiedades térmicas de materiales y elementos.

#### **2.4.6 Recursos humanos de la Unidad Funcional incluyendo la incorporación de nuevo personal: becas, contratos pre y post doctorales**

La unidad está compuesta por 31 investigadores de la UAL, la PSA y algunos colaboradores de Centros de Investigación Internacionales. En concreto, la estructura de la Unidad es la siguiente:

UAL: 3 catedráticos de Ingeniería de Sistemas y Automática, 1 Profesor Titular de Física Aplicada, 2 Profesores Titulares de Mecánica, 2 Profesores Titulares de Ingeniería de Sistemas y Automática, 1 Profesor Titular de Arquitectura y Tecnología de Computadores, 2 Profesores Ayudantes Doctores de Ingeniería Mecánica, 3 Profesores Ayudantes Doctores de Ingeniería de Sistemas y Automática, 2 becarios FPI MEC/MINECO, 1 contratado predoctoral plan propio, 1 contratado de proyecto europeo, 3 contratados de proyectos del Plan Nacional, 1 becaria convenio NERCITA, 1 estudiante doctorado del convenio UNIBS-UAL, 2 colaboradores predoctorales, 3 colaboradores doctores de otros centros de investigación.

PSA: 1 Investigador Titular de OPI, 2 Investigadores con contrato laboral, 1 becario FPI del convenio UAL-PSA.

Incorporados en años previos que finalizan su colaboración durante 2018:

- Francisco José Mañas Álvarez. Contratado laboral adscrito al proyecto ENERPRO DPI2014-56364-C2-1-R (supervisores: José Luis Torres Moreno, José Luis Blanco Claraco, Francisco Rodríguez Díaz).
- Guillermo José Felices Rodríguez. Contratado del Fondo de Garantía Juvenil (CIESOL).
- Blas Salvador Criado. Contratado del Fondo de Garantía Juvenil (GRUPO TEP-197).
- Yaser Alamin. Becario del proyecto europeo Phoenix-Marhaba (supervisores: José Domingo Álvarez Hervás, María del Mar Castilla, Antonio Ruano)
- Alice Branco. Colaboradora. Universidad Federal de Santa Catarina, Brasil.

Han continuado su vinculación durante 2018:

- Miguel Ramón Urrutia. Contratado del Fondo de Garantía Juvenil (CIESOL).
- Jerónimo Ramos Teodoro. Contratado FPI del Ministerio de Economía y Competitividad adscrito al proyecto ENERPRO DPI2014-56364-C2-1-R (supervisores: Francisco Rodríguez Díaz, Manuel Berenguel).
- Juan Diego Gil Vergel. Becario del Plan Propio de Investigación de la Universidad de Almería (supervisores: Manuel Berenguel Soria, Lidia Roca Sobrino).
- Jose Antonio Carballo Lopez. Becario del Plan Propio de Investigación de la Universidad de Almería (supervisores: Manuel Berenguel Soria, Javier Bonilla).
- Marta Barceló Villalobos. Contratado FPI del Ministerio de Economía y Competitividad adscrito al proyecto PROBIOREN DPI2014-55932-C2-1-R (supervisores: José Luis Guzmán Sánchez, Francisco Gabriel Acién).
- Ángeles Hoyo Sánchez. Contratado laboral adscrito al proyecto PROBIOREN DPI2014-55932-C2-1-R (supervisores: José Luis Guzmán Sánchez, José Carlos Moreno Úbeda).
- Wang Hui. Investigadora de NERCITA (China). Doctoranda del grupo ARM (supervisores: Jorge Antonio Sánchez Molina, Fernando Bienvenido Bárcena).

Incorporaciones durante 2018:

- Ernesto Aranda Escolástico. Contratado adscrito al proyecto del Plan Nacional CALRESI DPI2017-84259-C2-1-R (supervisores: José Luis Guzmán Sánchez, José Luis Blanco Claraco).
- Francisco García Mañas. Contratado adscrito al proyecto del Plan Nacional CHROMAE DPI2017-85007-R (supervisores: Francisco Rodríguez Díaz, Manuel Berenguel Soria).
- Manuel Muñoz Rodríguez. Contratado adscrito al proyecto europeo IoF2020 (supervisores: Jorge Antonio Sánchez Molina, Manuel Torres Gil).
- Enrique Rodríguez Miranda. Contratado doctoral convenio de co-tutela con la Universidad de Brescia (Italia).

#### **Colaboradores del grupo en CIESOL:**

- Francisco Javier Cabrera Corral (CAPDR-Junta de Andalucía)
- Sebastián Dormido Bencomo (UNED)
- Carlos Rodríguez Contreras (UNED)
- Pilar Martínez Ortigosa (UAL)
- Juana López Redondo (UAL)
- Nicolás Calvo Cruz (UAL)
- Fernando Bienvenido Bárcena (UAL)
- Juan Carlos López (CAJAMAR)
- José María Cámara (UMH).
- Ramón Costa Castelló (UPC)
- Carlos Bordóns (US)
- Eduardo F. Camacho (US)
- Manuel G. Ortega (US)
- Manuel R. Arahál (US)

**Colaboraciones internacionales:**

- Antonio Visioli y Domenico Gorni (University of Brescia, Italy).
- Tore Häggglund (Lund University, Sweden).
- Antonio Ruano y Hamid Khosravani (Universidade del Algarve, Portugal).
- Julio Normey, Daniel Pagano, Gustavo Andrade (Universidade Federal de Santa Catarina, Brasil).
- Ricardo Silva (ITE-Cons, Universidade de Coimbra).
- Li Ming (National Engineering Research Center for Information Technology in Agriculture, China)

**Estancias**

- Juan Diego Gil Vergel. Universidad Federal de Santa Catarina, Brasil (01/07/2018-31/09/2018).
- Jerónimo Ramos Teodoro. Universidad Federal de Santa Catarina, Brasil (01/07/2018-31/09/2018).
- José Luis Torres Moreno. Universidad de Brescia, Italia (01/07/2018-31/09/2018).

**Estancias en CIESOL de investigadores de otros centros de investigación:**

- Alice Branco, Universidad Federal de Santa Catarina, Brasil (15/09/2017-30/01/2018). Comparación de diferentes métodos de control predictivo no lineal aplicado a una planta solar de desalación conectada a un invernadero con variación de la demanda diaria de agua. Supervisores: Francisco Rodríguez, Juan Diego Gil, Lidia Roca.
- Mattia Quaresmini, Universidad de Brescia, Italia (01/02/2018-31/07/2018). Multivariable control of temperature and humidity in greenhouses. Supervisores: Antonio Visioli, Jorge Antonio Sánchez Molina, Francisco Rodríguez Díaz
- Andrea Tosi, Universidad de Brescia, Italia (01/02/2018-31/07/2018). Multivariable controller for stationary flat plate solar collectors. Supervisores: Lidia Roca, Juan Diego Gil, Antonio Visioli, Manuel Berenguel
- Paolo Visieri, Universidad de Brescia, Italia (01/02/2018-31/07/2018). Development of a Control System for General Anesthesia. Supervisores: Antonio Visioli, Andrzej Pawlowski.
- Anaty Kodzo Mensah, UNIR (Universidad Internacional de Rabat), Marruecos (01/02/2018-31/07/2018). Análisis y modelado físico y mediante redes neuronales de instalaciones fotovoltaicas. Especialización en células multiunión y concentración solar aplicada a fotovoltaica. Supervisor: M. Pérez.

**2.4.7 Producción científica****Artículos**

- Álvarez, J.D., R. Costa, M. Castilla. Repetitive control to improve users' thermal comfort and energy efficiency in buildings. *Energies*, 2018, 11(4), 976. DOI: 10.3390/en11040976. Impact factor (2017 JCR Science Edition): 2.262, 45/92 Q2 (Energy & Fuels). <https://www.mdpi.com/1996-1073/11/4/976>
- Ampuño, G., L. Roca, M. Berenguel, J.D. Gil, M. Pérez, J.E. Normey-Rico. Modeling and simulation of a solar field based on flat-plate collectors. *Solar Energy*, 2018, 170, 369-378. DOI: 10.1016/j.solener.2018.05.076. Impact factor (2017 JCR Science Edition): 4.900, 7/33 Q1 (Green & Sustainable Science & Technology), 20/166 Q1 (Energy & Fuels). <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0038092X18305097>

- Arahál, M., A.G. Kowal, F. Barrero, M. Castilla. Optimización de funciones de coste para Control Predictivo de Máquinas de Inducción Multifásicas, *Revista Iberoamericana de Automática e Informática Industrial*, 16(1), 48-55, 2018. DOI: 10.4995/riai.2018.9771. Impact factor (2017 JCR Science Edition): 0.494 60/61 Q4 (Automation & Control Systems), 26/26 Q4 (Robotics).  
<https://polipapers.upv.es/index.php/RIAI/article/view/9771/10800>
- Barceló, M., J.L. Guzmán, I. Martín, J.A. Sánchez-Molina, F.G. Acién. Analysis of mass transfer capacity in raceway reactors, *Algal Research*, 2018, 35, 91-97. DOI: 10.1016/j.algal.2018.08.017. Impact factor (2017 JCR Science Edition): 3.745 Q1 (Biotechnology & Applied Microbiology).  
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2211926418300699>
- Bonachela Castaño, S., M.D. Fernández Fernández, F.J. Cabrera Corral, M.R. Granados García. Soil spatio-temporal distribution of water, salts and nutrients in greenhouse, drip-irrigated tomato crops using lysimetry and dielectric methods. *Agricultural Water Management*, 2018, 203, 151-161. DOI: 10.1016/j.agwat.2018.03.009. Impact factor (2017 JCR Science Edition): 3.182, 10/87 Q1 (Agronomy), 12/90 Q1 (Water Resources).  
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0378377418301537>
- Carballo, J.A., J. Bonilla, L. Roca, M. Berenguel. New low-cost solar tracking system based on open source hardware for educational purposes. *Solar Energy*, 2018, 147, 826-836. DOI: 10.1016/j.solener.2018.09.064. Impact factor (2017 JCR Science Edition): 4.374, 7/31 Q1 (Green & Sustainable Science & Technology), 23/166 Q1 (Energy & Fuels).  
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0038092X18309587>
- Caballo, J.A., J. Bonilla, L. Roca, A. de la Calle, P. Palenzuela, D.C. Alarcón-Padilla. Optimal operating conditions analysis for a multi-effect distillation plant according to energetic and exergetic criteria. *Desalination*, 2018, 435, 70-76.. DOI: 10.1016/j.desal.2017.12.013. Impact factor (2017 JC Science Edition): 6.603, 8/137 Q1 (Engineering, Chemical), 2/90 Q1 (Water Resources)  
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0011916417317101>
- Cruz, N.C., S. Salhi, J.L. Redondo, J.D. Álvarez, M. Berenguel, P.M. Ortigosa. Hector, a new methodology for continuous and pattern-free heliostat field optimization. *Applied Energy*, 2018, 225, 1123-1131. DOI: 10.1016/j.apenergy.2018.05.072. Impact Factor (JCR 2017 edition): 7.900, 8/166 Q1 (Energy & Fuels), 4/137 Q1 (Engineering, Chemical).  
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0306261918307918>
- Cruz, N.C., J.L. Redondo, J.D. Álvarez, M. Berenguel, P.M. Ortigosa. Optimizing the heliostat field layout by applying stochastic population-based algorithms. *Informatica*, 2018, 29(1), 31-39. DOI: 10.15388/Informatica.2018.156. Impact Factor (JCR 2017 edition): 1.386, 93/148 Q3 (Computer Science, Information Systems), 71/252 Q2 (Mathematics, Applied).  
<https://www.mii.lt/informatica/pdf/INFO1168.pdf>
- Cruz, N.C., R. Ferri-García, J.D. Álvarez, J.L. Redono, J. Fernández-Reche, M. Berenguel, R. Monterreal, P.M. Ortigosa. On building-up a yearly characterization of a heliostat field: A new methodology and an application example. *Solar Energy*, 2018, 173, 578-589. DOI: 10.1016/j.solener.2018.08.007. Impact factor (2017 JCR Science Edition): 4.374, 7/31 Q1 (Green & Sustainable Science & Technology), 23/166 Q1 (Energy & Fuels).  
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0038092X18307679>
- Cruz, N.C., R. J.D. Álvarez, J.L. Redondo, M. Berenguel, P.M. Ortigosa. A two-layered solution for automatic heliostat aiming. *Engineering Applications of Artificial Intelligence*, 2018, 72, 253-266. 10.1016/j.engappai.2018.04.014. Impact Factor (JCR 2017 edition): 2.819, 17/61 Q2 (Automation &

Control Systems), 32/132 Q1 (Computer Science, Artificial Intelligence), 13/86 Q1 (Engineering, Multidisciplinary), 75/260 Q2 (Engineering, Electrical & Electronic)

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0952197618300939>

- Cruz, N.C., S. Salhi, J.L. Redondo, J.D. Álvarez, M. Berenguel, P.M. Ortigosa. Design of a parallel genetic algorithm for continuous and pattern-free heliostat field optimization. *The Journal of Supercomputing*, 2018, 1-16,. DOI: 10.1007/s11227-018-2404-8. Impact factor (2017 JCR Science Edition): 1.532, 44/103 Q2 (Computer Science, Theory & Methods), 25/52 Q2 (Computer Science, Hardware & Architecture), 153/260 Q3 (Engineering, Electrical & Electronic).  
<https://link.springer.com/article/10.1007/s11227-018-2404-8>
- Fernández García, A., L. Valenzuela, E. Zarza, E. Rojas, M. Pérez, Q. Hernández-Escobedo, F. Manzano-Agugliaro. Small-sized parabolic-trough solar collectors: Development of a test loop and evaluation of testing conditions. *Energy*, 2018, 152, 401-415. DOI: 10.1016/j.ejergy.2018.03.160. Impact Factor (2017 JCR Science Edition): 4.968, 4/59 Q1 (Thermodynamics), 18/97 Q1 (Energy & Fuels),  
<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0360544218305693>
- García, R.A., J. López Martínez, J.L. Blanco Claraco, J. Pérez Alonso, A.J. Callejón Ferre. On air temperatura distribution and ISO 7726-defined heterogeneity inside a typical greenhouse in Almería. *Computers and Electronics in Agriculture*, 2018, 151, 254-275. DOI: 10.1016/j.compag.2018.06.001. Impact factor (2017 JC Science Edition): 2.427, 7/57 Q1 (Agriculture Multidisciplinary), 39/105 Q2 Computer Science, Interdisciplinary Applications,  
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0168169918304824>
- Gil, J.D., A. Ruiz-Aguirre, L. Roca, G. Zaragoza, M. Berenguel. Prediction models to analyse the performance of a commercial-scale membrane distillation unit for desalting brines from RO plants. *Desalination*, 2018, 445, 15-28. DOI: 10.1016/j.desal.2018.07.022. Impact Factor (JCR 2017 edition): 6.603, 8/137 Q1 (Engineering, Chemical), 2/90 Q1 (Water Resources)  
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S001191641830780X>
- Gil, J.D., L. Roca, G. Zaragoza, M. Berenguel. A feedback control system with reference governor for a solar membrane distillation pilot facility. *Renewable Energy*, 2018, 120, 536-549. DOI: 10.1016/j.renene.2017.12.107. Impact factor (2017 JCR Science Edition): 4.900, 7/33 Q1 (Green & Sustainable Science & Technology), 20/166 Q1 (Energy & Fuels).  
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0960148117313198>
- Gil, J.D., L. Roca, A. Ruiz-Aguirre, G. Zaragoza, M. Berenguel. Optimal operation of a solar membrane distillation pilot plant via nonlinear model predictive control. *Computers & Chemical Engineering*, 2018, 109, 151-165. DOI: 10.1016/j.compchemeng.2017.11.012. Impact factor (2017 JCR Science Edition): 3.113, 24/105 Q1 (Computer Science, Interdisciplinary Applications), 35/137 Q2 (Engineering, Chemical). <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0098135417304131>
- Gil, J.D., L. Roca, M. Berenguel, G. Zaragoza. Aportaciones de la desalación solar térmica y el control automático al suministro de agua en invernaderos. *Era Solar*, 2018, 201, 16-24.  
<http://repositorio.ual.es/handle/10835/5822>
- López Martínez, J., J.L. Blanco Claraco, J. Pérez Alonso, A.J. Callejón Ferre. Distributed network for measuring climatic parameters in heterogeneous environments: application in a greenhouse. *Computers and Electronics in Agriculture*, 2018, 145C, 105-121. DOI: 10.1016/j.compag.2017.12.028. Impact factor (2017 JCR Science Edition): 2.427, 7/57 Q1 (Agriculture Multidisciplinary), 39/105 Q2 Computer Science, Interdisciplinary Applications,  
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0168169917308189>

- López Martínez, J., D. García-Vallejo, F.M. Arrabal Campos, J.M. García Manrique. Design of three new cam-based constant-force mechanisms. *Journal of Mechanical Design*, 2018, 140(8), 082302-082315. DOI: 10.1115/1.4040174. Impact factor (2017 JCR Science Edition): 2.784, 24/128 Q1 (Engineering, Mechanical).  
<http://mechanicaldesign.asmedigitalcollection.asme.org/article.aspx?articleid=2681107>
- Merigo, L., F. Pdula, A. Pawlowski, S. Dormido. J.L. Guzmán, N. Latronico, M. Paltenghi, A. Visioli. A model-based control scheme for depth of hipnosis in anesthesia. *Biomedical Signal Processing and Control*, 2018, 42, 216-229. DOI: 10.1016/j.bspc.2018.01.023. Impact factor (2017 JCR Science Edition): 2.526, 25/78 Q2 (Engineering, Biomedical), 9/30 (Medical Laboratory Technology).  
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1746809418300302>
- Pawlowski, A., J.L. Guzmán, M. Berenguel, F.G. Acien. S. Dormido. Application of predictive feedforward compensator to microalgae production in a raceway reactor: a simulation study. *Energies*, 2018, 11(1), 123. DOI: 10.3390/en11010123. Impact factor (2017 JCR Science Edition): 2.262, 45/92 Q2 (Energy & Fuels). <http://www.mdpi.com/1996-1073/11/1/123>
- Pérez Castro, A., J. Sánchez Moreno, M. Castilla. Development of an open experimentation tool base don JavaScript fo hte control of a four-tank plant. *Computer Applications in Engineering Education*, 2018, 26(1), 228-238. DOI: 10.1002/cae.21879. Impact factor (2017 JCR Science Edition): 1.153, 84/105 Q4 (Computer Science, Interdisciplinary Applications), 29/41 Q3 (Education, Scientific Disciplines), 50/86 Q3 (Engineering, Multidisciplinary). <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1002/cae.21879>
- Polanco, L., C. Carreño, A. Pizano-Martínez, J.L. Redondo, M. Pérez, J.D. Álvarez. Optimal energy management within a microgrid: A comparative study. *Energies*, 2018, 11(8), 1-22. DOI: 10.3390/en11082167. Impact factor (2017 JCR Science Edition): 2.262, 45/92 Q2 (Energy & Fuels). <https://www.mdpi.com/1996-1073/11/8/2167>
- Ramos-Teodoro, J., F. Rodríguez, M. Berenguel, J.L. Torres. Heterogeneous resource management in energy hubs with self-consumption: Contributions and application example. *Applied Energy*, 2018, 229, 537-550. DOI: 10.1016/j.apenergy.2018.08.007. Impact Factor (2017 JCR Science Edition): 7.900, 8/166 Q1 (Energy & Fuels), 4/137 Q1 (Engineering, Chemical).  
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0306261918311656>
- Torres, J.L., A. Giménez, M. Pérez, F. Rodríguez. Energy management strategy fo micro-grids with PV-Battery systems and electric vehicles. *Energies*, 11(3), 522, 2018. DOI: 10.3390/en11030522. Impact factor (2017 JCR Science Edition): 2.262, 45/92 Q2 (Energy & Fuels). <https://www.mdpi.com/1996-1073/11/3/522>
- Zapata, J.M., J.A. Sánchez-Molina, F. Rodríguez, J.C. López. Evaluation of a dehumdifierr in a mild weather greenhouse. *Applied Thermal Engineering*, 2018, 146, 92-103. DOI: 10.1016/j.applthermaleng.2018.09.107. Impact factor (2017 JCR Science Edition): 3.771, 8/59 Q1 (Thermodynamics), 31/97 Q2 (Energy & Fuels), 12/128 Q1 (Engineering, Mechanical), 10/134 Q1 (Mechanics). <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1359431118310020>

#### Previsiones para 2019:

- Ampuño, G., L. oca, J.D. Gil, M. Berenguel, J.E. Normey-Rico. Apparent delay analysis for a flat-plate solar field model designed for control purposes. *Solar Energy*, 2019, 177, 241-254. DOI: 10.1016/j.solener.2018.11.014. Impact factor (2017 JCR Science Edition): 4.900, 7/33 Q1 (Green & Sustainable Science & Technology), 20/166 Q1 (Energy & Fuels).  
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0038092X18311149?dgcid=coauthor>

- Camacho, E.F., A.J. Gallego, A.J. Sánchez, M. Berenguel. Incremental state-space model predictive control of a Fresnel solar collector. *Energies*, 13, 3, 2019. DOI: 10.3390/en12010003. Impact factor (2016 JCR Science Edition): 2.262, 45/92 Q2 (Energy & Fuels).  
<http://www.mdpi.com/1996-1073/12/1/3/pdf>
- Carballo, J.A., J. Bonilla, M. Berenguel, P. Palenzuela. Parabolic trough collector field dynamic model: Validation, energetic and exergetic analyses. *Applied Thermal Engineering*, 2019. DOI: 10.1016/j.applthermaleng.2018.11.093. Impact factor (2017 JCR Science Edition): 3.771, 8/59 Q1 (Thermodynamics), 31/97 Q2 (Energy & Fuels), 12/128 Q1 (Engineering, Mechanical), 10/134 Q1 (Mechanics). <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1359431118343527?via%3Dihub>
- Carballo, J.A., J. Bonilla, M. Berenguel, J. Fernández-Reche, G. García. New approach for solar tracking systems based on computer vision, low cost hardware and deep learning. *Renewable Energy*, in press, 2019. DOI: 10.1016/j.renene.2018.08.101. Impact factor (2017 JCR Science Edition): 4.900, 7/33 Q1 (Green & Sustainable Science & Technology), 20/166 Q1 (Energy & Fuels).  
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0960148118310516>
- Gallego, A. J., G.M. Merello, M. Berenguel, E.F. Camacho. Gain-scheduling model predictive control of a Fresnel collector field. *Control Engineering Practice*, 2018, 82, 1-13. DOI: DOI: 10.1016/j.conengprac.2018.09.022. Impact factor (2017 JCR Science Edition): 2.616, 22/61 Q2 (Automation & Control Systems), 89/260 Q2 (Engineering, Electrical & Electronic).  
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0967066118305938>
- García-Mañas, F., J.L. Guzmán, M. Berenguel, F.G. Acién. Biomass estimation of an industrial raceway photobioreactor using an extended Kalman filter and a dynamic model for microalgae production. *Algal Research-Biomass Biofuels and Bioproducts*, 2019, 37, 103-114. DOI: 10.1016/j.algal.2018.11.009. Impact factor (2017 JCR Science Edition): 3,745 Q1 (Biotechnology & Applied Microbiology).  
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2211926418304922>

### Capítulos de libro

- M. Barceló Villalobos, F.G. Acién Fernández, J.L. Guzmán, J.M. Fernández Sevilla, M. Berenguel. New strategies for the design and control of raceway reactors to optimize microalgae production. In: *Handbook of Algal Technologies and Phytochemicals: Volume I Food, Health and Nutraceutical Applications*, chapter 35. Edited by Gokare A. Ravishankar and Rangarao Ambati. CRC Press – Taylor & Francis Group. USA, 2019.

### Congresos

- 3<sup>rd</sup> IFAC Conference on Advances in Proportional-Integral-Derivative Control, Ghent, Belgium, May 9-11, 2018.
- 9<sup>th</sup> Vienna International Conference on Mathematical Modelling MATHMOD2018. Mini-symposium: Modelling and Simulation in Solar Thermal Power Plants. Viena, Austria, 2018.
- LeGO 2018 – International Workshop on Global Optimization, Leiden, Holland, 2018.
- EUROPT Workshop on Advances in Continuous Optimization 2018, Almería, Spain, 2018.
- 9<sup>th</sup> AIVC Conference. 7<sup>th</sup> TightVent. Conference 5<sup>th</sup> venticool Conference. Smart Ventilation for buildings. Antibes Juan-Les-Pins, France, 2018.
- INES 2018, 22<sup>nd</sup> IEEE International Conference on Intelligent Engineering Systems 2018, Las Palmas de Gran Canaria, Spain, 2018.



- OLA'2018 International Workshop on Optimization and Learning: Challenges and Applications, Alicante, Spain, 2018.
- 7<sup>th</sup> International Conference on Systems and Control, Universitat Politècnica de València, 2018.
- EurAgEng 2018 Conference, Wageningen, Holand, 2018.
- Second International Conference Bioresource Technology for Bioenergy, Bioproducts and Environmental Sustainability, Sitges, Spain, 2018.
- 3rd IFAC Conference on Embedded Systems, Computational Intelligence and Telematics in Control, Faro, Portugal, 2018.
- 1st International Conference on Smart Energy Systems and Technologies, Seville, Spain, 2018.
- III Symposium Nacional de Ingeniería Hortícola, I Symposium Ibérico de Ingeniería Hortícola, Lugo, España, 2018.
- XVI Congreso Ibérico y XII Congreso Iberoamericano de Energía Solar, Madrid, España, 2018.
- I Jornadas de Doctorado en Informática (JDI'2018), Almería, 2018.
- IV Simposio CEA de Modelado, Simulación y Optimización, Valladolid, 29 de enero de 2018.
- XVI Simposio CEA de Ingeniería de Control, Almería, 1 de marzo de 2018.
- III Simposio Nacional de Ingeniería Hortícola SNIH18, Lugo, España, 2018.
- XXXIX Jornadas de Automática, Badajoz, 2018.
- XXIX Jornadas de Paralelismo. Teruel, 2018.
- XVI Simposio CEA de Ingeniería de Control, Almería, 2018.
- I Jornadas de Doctorado en Informática, Almería, 2018.

### Contribuciones a congresos

- Alamin, Y., J.D. Álvarez, M. Castilla, A. Ruano. An Artificial Neural Network (ANN) model to predict the electric load profile for an HVAC system. IFAC-PapersOnLine, 51(10), 26-31, 2018. 3rd IFAC Conference on Embedded Systems, Computational Intelligence and Telematics in Control, Faro, Portugal, 2018.
- Alonso, A.J., S. Castaño, M. Pérez, M.J. Jiménez. Non-intrusive experimental assessment of air renovations in buildings and comparison to tracer gas measurements. 9th AIVC Conference. 7th TightVent. Conference 5th venticool Conference. Smart Ventilation for buildings. Antibes Juan-Les-Pins, Francia 2018.
- Anaty, M.K., Y. Alamin, K. Bouzine, M. Pérez, R. Yaagoubi, J.D. Álvarez, M. Belskasmí, M. Aggour. Output Power Estimation of High Concentrator Photovoltaic using Radial Basis Function Neural Network. 6th International Renewable and Sustainable Energy Conference, Rabat (Marruecos), 2018.
- Carreño-Zárraga, J.J., R. Villamizar, J.C. Moreno, J.L. Guzmán. Active Disturbance Rejection and PID Control of a One-stage Refrigeration Cycle. IFAC-PapersOnLine, 51(4), 444-449, 2014. 3rd IFAC Conference on Advances in Proportional-Integral-Derivative Control, Ghent, Belgium, 2018.
- Castilla, M., C. Bordóns. Optimal Management of a Microgrid to Guarantee users' Thermal Comfort. 1st International Conference on Smart Energy Systems and Technologies, Seville, Spain, 2018.
- Cruz, N.C., J.L. Redondo, J.D. Álvarez Hervás, M. Berenguel. P.M. Ortigosa. On controlling the flux map of solar power tower plants through global optimization. EUROPT 2018, Almería, Spain, 2018.

- Frasset, M., D. Crespo, M. Pérez. Geolocalización del potencial solar para calor de proceso en España. XVI Congreso Ibérico y XII Congreso Iberoamericano de Energía Solar, Madrid, Spain, 2018.
- Gallego, A.J., L.J. Yebra, E.F. Camacho. Gain scheduling model predictive control of the new TCP-100 parabolic trough field. IFAC PapersOnLine 51-2, 475-480, 2018. 9th Vienna International Conference on Mathematical Modelling MATHMOD2018. Mini-symposium: Modelling and Simulation in Solar Thermal Power Plants.
- Gil, J. D., L. Roca, M. Berenguel, J.L. Guzman. A Multivariable Controller for the Start-Up Procedure of a Solar Membrane Distillation Facility. IFAC PapersOnLine, 51-4, 376-381, 2018. DOI: 10.1016/j.ifacol.2018.06.095. 3rd IFAC Conference on advances in Proportional-Integral-Derivative Control, Ghent, Belgium, 2018.
- Gómez, F., L.J. Yebra. A. Giménez. Modelling a Smart-Grid for a Solar Powered Electric Vehicle. 9th Vienna International Conference on Mathematical Modelling MATHMOD2018, Viena, Austria, 2018.
- Guzmán, J.L., J.C. Moreno, M. Berenguel, J. Moscoso. Inverse pole placement method for PI control in the tracking problema. IFAC PapersOnLine, 51-4, 406-411, 2018. DOI: 10.1016/j.ifacol.2018.06.128. 3rd IFAC Conference on Advances in Proportional-Integral-Derivative Control, Ghent, Belgium, May 9-11, 2018.
- Guirado, R., J.A. Sánchez-Molina, J.F. Bienvenido. Conceptual data model for rIoT in a chain-integrated greenhouse production: Case of the tomato production in Almería (Spain). 6th IFAC Conference on Bio-Robotics, Beijing, China, 2018.
- Hoyo, A., J.L. Guzmán, M. Berenguel. Use of the benchmark for PID control in engineering studies at the University of Almería. IFAC-PapersOnLine, 51(4), 456-461, 2018. DOI: 10.1016/j.ifacol.2018.06.137. 3rd IFAC Conference on Advances in Proportional-Integral-Derivative Control, Ghent, Belgium, May 9-11, 2018.
- Hoyo, A., J.C. Moreno, J.L. Guzmán, T. Hägglund. Robust QFT-based PID controller for a feedforward control scheme. IFAC PapersOnLine, 51-4, 262-267, 2018. DOI: 10.1016/j.ifacol.2018.06.093. 3rd IFAC Conference on Advances in Proportional-Integral-Derivative Control, Ghent, Belgium, 2018.
- López-Alonso, M., J.D. Álvarez, J.L. Guzmán, M. Berenguel. Nonlinear control of a fan-coil operation. INES 2018, 22nd IEEE International Conference on Intelligent Engineering Systems 2018, Las Palmas de Gran Canaria, Spain, 2018.
- Muñoz-Rodríguez, M., J.A. Sánchez-Molina, F. Rodríguez, M. Berenguel, C.L. Giagnocavo. Farms, Fogs and Clouds: Data open-architecture for optimal crop growth control for IoF2020 project. EurAgEng 2018 Conference, Wageningen, Holand, 2018.
- Nache, C., M. Rodríguez-García, M. Pérez. Análisis tecno-económico de configuraciones de almacenamiento térmico para plantas termosolares de receptor central. XVI Congreso Ibérico y XII Congreso Iberoamericano de Energía Solar. Poster en Congreso, Madrid, Spain, 2018.
- Pawlowski, A., L. Merigo, J.L. Guzmán, S. Dormido, A. Visioli. Two-degree-of-freedom control scheme for depth of hypnosis in anesthesia. IFAC PapersOnLine, 51-4, 72-77, 2018. DOI: 10.1016/j.ifacol.2018.06.034. 3rd IFAC Conference on Advances in Proportional-Integral-Derivative Control, Ghent, Belgium, 2018.
- Pérez, J., L.J. Yebra, S. Dormido, E. Zarza. First Principles System Level Modelling of TCP-100 Facility for Simulation of Operation Modes. 9th Vienna International Conference on Mathematical Modelling MATHMOD2018. Mini-symposium: Modelling and Simulation in Solar Thermal Power Plants. 2018.

- Tosi, A., L. Roca, J.D. Gil, A. Visioli, M. Berenguel. Multivariable controller for stationary flat plate solar collectors. 7th International Conference on Systems and Control, Universitat Politècnica de València, 2018.
- Reinoso, J.V., M.G. Pinna, J.A. Sánchez-Molina, M.D. Fernández, J.C. López, F.G. Acien. Optimization of boiler conditions for heating of greenhouses using crop residues. Second Internacional Conference Bioresource Technology for Bioenergy, Bioproducts and Environmental Sustainability, Sitges, Spain, 2018.
- C. Bordons, M.A. Ridao, A. Zafra, M. Castilla, J.J. Márquez. Control Predictivo de Microrredes Reconfigurables con Almacenamiento Híbrido y Móvil. IV Simposio CEA de Modelado, Simulación y Optimización. Valladolid, 2018.
- M. Castilla, J.J. Márquez, A. Zafra, C. Bordons. Diagnósis y Mitigación de fallos usando Control Predictivo basado en Modelo sobre Microred experimental. IV Simposio CEA de Modelado, Simulación y Optimización, Valladolid, España, 2018.
- J.D. Gil, L. Roca, M. Berenguel, J.L. Guzmán. Optimización del arranque de una planta de destilación por membranas solar. IV Simposio CEA de Modelado, Simulación y Optimización, Valladolid, 29 de enero de 2018.
- J.D. Gil, M. Berenguel, L. Roca. Aportaciones desde el punto de vista del control automático y la optimización a la tecnología de destilación por membranas alimentada con energía solar. XVI Simposio CEA de Ingeniería de Control, Almería, 1 de marzo de 2018.
- M. Muñoz, J.A. Sánchez-Molina, F. Rodríguez, M. Berenguel. C. Giagnocavo. IoT applied to traceability and decision making for greenhouse tomato crops. III Simposio Nacional de Ingeniería Hortícola SNIH18, Lugo, España, 2018. En Actas de Horticultura 78, pp. 352-355. Sociedad Española de Ciencias Hortícolas SECH, 2018. ISBN: 978-84-697-9314-5., 2018.
- J. Ramos-Teodoro, F. Rodríguez, M. Berenguel. Modelado basado en el paradigma de los energy hubs de una explotación agraria bajo invernadero con apoyo de energías renovables. III Symposium Nacional de Ingeniería Hortícola, I Symposium Ibérico "Uso de Drones y Satélites en Agricultura", Lugo, 21-23 de febrero de 2018. En: Actas de Horticultura. 78, pp. 244 - 249. Sociedad Española de Ciencias Hortícolas SECH, 2018. ISBN 978-84-697-9314-5, 2018.
- J. Ramos-Teodoro, F. Rodríguez, M. Berenguel. Modelado de instalaciones fotovoltaicas para la gestión de un energy hub con recursos heterogéneos. XVI Simposio CEA de Ingeniería de Control, Almería, 1 de marzo de 2018.
- J. Ramos-Teodoro, J.D. Álvarez, F. Rodríguez, M. Berenguel. Gestión Económica de energy hubs con recursos heterogéneos mediante MINLP. IV Simposio CEA de Modelado, Simulación y Optimización, Valladolid, 29 de enero de 2018. En: Actas del IV Simposio CEA de Modelado, Simulación y Optimización. pp. 78 - 83. Comité Español de Automática CEA-IFAC, 2018. ISBN 978-84-697-8853-0, 2018.
- J.A. Sánchez-Molina, J.M. Cámara-Zapata, F. Rodríguez, J.C. López-Hernández. Estudio del comportamiento de una deshumidificadora en un invernadero de Almería. III Symposium Nacional de Ingeniería Hortícola, I Symposium Ibérico de Ingeniería Hortícola. Lugo, España, 2018.
- A. Sánchez-Peregrina, F. Rodríguez, I. Oller, M. Berenguel, S. Malato. Modelado y control de una planta piloto de nanofiltración aplicada a la reutilización de aguas residuales en agricultura. XXXIX Jornadas de Automática, Badajoz, 2018. En: Actas de las XXXIX Jornadas de Automática. pp. 475 - 482. Comité Español de Automática CEA-IFAC, 2018. ISBN 978-84-09-04460-3, 2018.
- J.V. Reinoso, J.A. Sánchez-Molina, M.D. Fernández, J.C. López-Hernández, F.G. Acien. Modelado del comportamiento de un sistema de aporte de CO<sub>2</sub> en invernaderos, recuperado a partir de gases

de combustión de biomasa. III Symposium Nacional de Ingeniería Hortícola, I Symposium Ibérico de Ingeniería Hortícola. Lugo, España, 2018.

- Wang, H., J.A. Sánchez-Molina, M. Li, F. Rodríguez, J.L. Guzmán. Greenhouse disease warning model: One case is grey leaf spot on tomato. III Symposium Nacional de Ingeniería Hortícola, I Symposium Ibérico de Ingeniería Hortícola. Lugo, España, 2018.

#### Organización de congresos:

- Organization of a Minisymposium in Modelling and Simulation in Solar Thermal Power Plants at the 9th Vienna International Conference on Mathematical Modelling (MATHMOD 2018), February 2018.
- XVI Simposio CEA de Ingeniería de Control. Ingeniería de control y nuevas tecnologías en el sector agroalimentario. Congreso Nacional, Almería, Grupo de Ingeniería de Control del Comité Español de Automática. 60 asistentes. 06/03/2018-08/03/2018.
- IoF2020 Partners Meeting & Stakeholder Event. Congreso Internacional UE, Almería. Proyecto Internet of Food and Farm. 250 asistentes, 28/02/2018 - 02/03/2018.

#### Asistencias a cursos

- Simposio: IV Simposio CEA de Modelado, Simulación y Optimización. Valladolid (España). Enero 2018.
- Curso: Integration of Real-Time Optimization and Scheduling for Dynamic Processes. T. Biegler. Valladolid (España) Enero 2018.
- Jornadas: I Jornadas de Doctorado en Informática. Universidad de Almería. Almería (España). Febrero 2018.
- Simposio: XIV Simposio CEA de Ingeniería de Control. Almería (España). Marzo 2018.
- Curso: Business Analytics in Industry 4.0. Peter Lehman Almería (España). Octubre 2018.
- Curso: SLAM en Robótica. J.M. Montiel. Almería (España). Octubre 2018.
- Jornadas: La Nueva Transformación Industrial. IIoT e industria v4.0. Almería (España). Octubre 2018.
- Curso: Applications of Model Predictive Control. Robin de Keyser. Almería (España). Noviembre 2018.
- Curso: Industria 4.0. Ramon Vilanova. Almería (España). Noviembre 2018.
- Curso: Advanced control techniques for process control. Antonio Visioli. Almería (España). Noviembre 2018.
- Congreso: I Congreso de Jóvenes Investigadores en Ciencias Agroalimentarias. Almería (España). Diciembre 2018.
- Cursos del programa de doctorado en informática

#### 2.4.8 Miembros del la unidad

**Dr. Manuel Berenguel Soria**



Catedrático de Ingeniería de Sistemas y Automática  
UAL  
beren@ual.es  
(+34) 950 015 683  
arm.ual.es, www.ciesol.es

**Dr. Luis José Yebra Muñoz**



Investigador Titular de OPI  
CIEMAT-PSA  
luis.yebra@psa.es  
(+34) 950 387 923  
www.psa.es, www.ciesol.es

**Dr. Francisco Rodríguez Díaz**



Catedrático de Ingeniería de Sistemas y Automática  
UAL

**Dra. Lidia Roca Sobrino**



Investigador  
CIEMAT-PSA

**Dr. José Luis Guzmán Sánchez**



Catedrático de Ingeniería de Sistemas y Automática  
UAL

**Dr. Javier Bonilla Cruz**



Investigador  
CIEMAT-PSA

**Dr. Antonio Giménez Fernández**



Profesor Titular de Ingeniería Mecánica  
UAL

**Dr. Manuel Pérez García**



Profesor Titular de Física Aplicada  
UAL

**Dr. José Carlos Moreno Úbeda**



Profesor Titular de Ingeniería de Sistemas y Automática  
UAL

**Dr. Julián García Donaire**



Profesor Titular de Arquitectura y Tecnología de Computadores  
UAL

**Dr. José Domingo Álvarez Hervás**



Profesor Titular de Ingeniería de Sistemas y Automática  
UAL

**Dr. José Luis Blanco Claraco**



Profesor Titular de Ingeniería Mecánica  
UAL

**Dr. José Luis Torres Moreno**



Profesor Ayudante Doctor de Ingeniería Mecánica  
UAL

**Dr. Javier López Martínez**



Profesor Ayudante Doctor de Ingeniería Mecánica  
UAL

**Dr. Jorge Antonio Sánchez Molina**



Profesor Ayudante Doctor de Ingeniería de  
Sistemas y Automática  
UAL

**Dr. Andrzej Pawlowski**



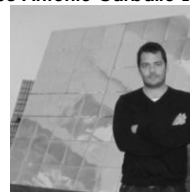
Profesor Ayudante Doctor de Ingeniería de  
Sistemas y Automática  
UAL

**Dra. María del Mar Castilla Nieto**



Profesor Ayudante Doctor de Ingeniería de  
Sistemas y Automática  
UAL

**José Antonio Carballo López**



Contratado predoctoral convenio UAL-PSA  
UAL-PSA

**Jerónimo Ramos Teodoro**



Becario  
FPI MINECO

**Juan Diego Gil Vergel**



Becario predoctoral  
UAL

**Wang Hui**



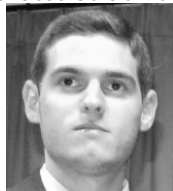
Becaria predoctoral  
NERCITA-UAL

**Marta Barceló Villalobos**



Becaria  
FPI MINECO

**Francisco García Mañas**



Contratado  
CHROMAE

**Manuel Muñoz Rodríguez**



Contratado  
IoF2020

**Enrique Rodríguez Miranda**



Contratado  
UNIBS

**Dr. Ernesto Aranda Escolástico**



Contratado  
CALRESI

**Francisco José Mañas Álvarez**



Contratado  
ENERPRO

**Ángeles Hoyo Sánchez**



Contratada  
PROBIOREN

**Dr. Alberto de la Calle Alonso**



Investigador  
CSIRO Energy Technology, Australia

**Dr. Francisco Javier Cabrera Corral**



Investigador  
Junta de Andalucía. Consejería de Agricultura,  
Pesca y Desarrollo Rural

**Dr. Ricardo Silva**



Investigador  
ITECONS PT, Portugal

## 2.4.9 Proyectos vigentes durante 2018

### 2.4.9.1 Estrategias de control y gestión energética en entornos productivos con apoyo de energías renovables (ENERPRO – Control and energy management strategies in production environments with support of renewable energy)

#### Participantes:

Grupo de Inv. "Automática, Robótica y Mecatrónica". Universidad de Almería (TEP 197)  
PSA-CIEMAT

#### Contactos:

M. Berenguel (beren@ual.es)  
M. Pérez (mperez@ual.es)  
D. Alarcón (diego.alarcon@psa.es)

#### Fuente de financiación:

Ministerio de Economía y Competitividad. Plan Nacional 2014 (DPI2014-56364-C2-1-R)

#### Duración prevista:

Enero 2015 – Diciembre 2018

#### Situación:

Terminado

#### Resumen:

Este proyecto es una continuación del proyecto "Estrategias de control y supervisión para la gestión integrada de instalaciones en entornos energéticamente eficientes - POWER" (DPI2010-21589-C05), finalizado en diciembre de 2013 (subproyecto UAL) y diciembre de 2014 (subproyecto PSA-CIEMAT). Trata sobre el análisis, diseño y aplicación de técnicas de modelado, control y optimización (en el ámbito del control jerárquico y control predictivo basado en modelo MPC) para conseguir una gestión eficiente de energía (electricidad y calor/frío de proceso), agua y CO<sub>2</sub>, en sistemas productivos apoyados en energías renovables y sistemas de almacenamiento. Mediante una gestión óptima de estos recursos y la adaptación



de la generación a la demanda, se pretende demostrar que el control automático permite conseguir ahorros económicos y reducir el impacto medioambiental en la explotación de procesos complejos.

En esta temática han surgido conceptos como el de *micro-grids* (MG), relacionados con el uso eficiente de la energía eléctrica, *renewable heating and cooling* (RHC), en el ámbito del aporte de energía primaria basada en fuentes renovables y *water efficiency* (WE), en torno al manejo del agua. El paradigma tratado en este proyecto va más allá, pues tratará de forma integral y coordinada el manejo de los citados recursos heterogéneos con un enfoque basado en la eficiencia y la economía. El problema se compone de diferentes niveles de control y decisión sobre el uso final de la energía disponible en base a distintos objetivos (minimizar el uso de combustibles, aspectos económicos, medioambientales o de calidad, etc.) Esto da lugar a un problema de control jerárquico que requiere coordinación y cooperación entre diferentes sistemas y que será abordado incluyendo técnicas de control predictivo jerárquico e híbrido, en versiones centralizadas y distribuidas. También será necesario desarrollar modelos, estimadores y predictores para las etapas de generación y demanda de energía y agua. Un elemento diferenciador del proyecto es que se dispondrá de un sistema productivo real como planta demostrativa (incluyendo un edificio bioclimático, un invernadero, un vehículo eléctrico y una desaladora solar), sobre el que se validarán las técnicas de modelado y control desarrolladas.

#### **Objetivos:**

Los tres objetivos básicos del proyecto coordinado son:

- Desarrollo de metodologías para la obtención de modelos de procesos que contengan fuentes de energías renovables para producir/consumir calor y frío de proceso, electricidad, agua y CO<sub>2</sub>. Desarrollo de estimadores y predictores de las etapas de generación y demanda.
- Desarrollo de estrategias de gestión y control jerárquico, híbrido y predictivo para conseguir optimizar la producción desde los puntos de vista económico, de seguridad y de uso de energía y agua en sistemas heterogéneos, con un enfoque coordinado e integral.
- Implementación y validación de las estrategias en el sistema productivo de demostración. Esto facilitará el desarrollo de las diferentes tareas del proyecto sobre situaciones realistas. Se demostrarán las posibilidades de extensión a entornos más complejos tipo campus o cluster industrial.

El cumplimiento de estos objetivos representa una contribución significativa con impacto real en esta clase de procesos, como demuestra el interés que ha despertado en diferentes empresas tales como Fundación Cajamar, Unica Group SCA, Wagner Solar, Solar Jiennense, entre otras. La propuesta es una continuación natural de actividades conjuntas de los dos centros, que poseen una considerable experiencia en control de sistemas energéticos, soportada por los numerosos artículos publicados en revistas de prestigio y relaciones con grupos de investigación internacionales.

#### **2.4.9.2 Control y optimización de la producción de biomasa con microalgas como fuente de energía renovable-PROBIOREN**

##### **Participantes:**

Grupo de Inv. "Automática, Robótica y Mecatrónica". Universidad de Almería (TEP 197)  
Grupo de Informática y Automática de la UNED

##### **Contactos:**

J.L. Guzmán (joseluis.guzman@ual.es)  
José Sánchez (jsanchez@dia.uned.es)

**Fuente de financiación:**

Ministerio de Economía y Competitividad. Plan Nacional 2010. (DPI2014-55932-C2-1-R)

**Duración prevista:**

Enero 2015 – Junio 2019

**Situación:**

En curso

**Resumen**

El proyecto se centra en la aplicación de técnicas de modelado y control para la producción óptima de biomasa/biodiesel en fotobiorreactores raceway con el fin de ser competitivos en el sector del mercado energético. El principal objetivo consiste en alcanzar las condiciones de entorno óptimas para que las microalgas puedan crecer y producir biomasa para propósitos energéticos, así como al mismo tiempo alcanzar un balance entre la energía requerida en el proceso de crecimiento de las microalgas, la inyección de CO<sub>2</sub> y la recuperación de costes a través de la biomasa-biodiesel resultantes. Considerando la fuerte y compleja dinámica no lineal de estos procesos, se plantea el desarrollo e implementación de diversas técnicas de control para alcanzar estos objetivos. Concretamente se pretenden evaluar técnicas de control basadas en eventos, control reset, por adelanto y fraccional combinadas con el uso de técnicas de control predictivo jerárquico. Por otro lado, se obtendrán modelos no lineales, estimados y predictores para las principales variables de los fotobiorreactores. Por tanto, los principales objetivos del proyecto son:

- Desarrollo de un marco de estrategias de modelado para la obtención de modelos no lineales que permitan capturar la dinámica de la producción de biomasa microalgal en fotobiorreactores raceway para ser usada con fines de energías renovables.
- Desarrollo de estrategias de control debajo y alto nivel (principalmente control basado en eventos, control reset, control fraccional y control predictivo) para la producción óptima de biomasa en fotobiorreactores raceway, con el objetivo de reducir costes y ser competitivos en el sector del mercado energético, contribuyendo a la reducción de la contaminación medioambiental al mismo tiempo.
- Implementación y validación de las estrategias de modelado y control desarrolladas en dos fotobiorreactores industriales raceway.

Esta propuesta constituye la continuación de una nueva línea de investigación sobre la producción de biomasa a partir de microalgas cultivadas en fotobiorreactores, que fue abierta por los grupos de investigación solicitantes en un proyecto de investigación previo relacionado con fotobiorreactores tubulares. Los grupos implicados poseen una fuerte colaboración mediante proyectos y publicaciones conjuntas, con un destacable número de artículos científicos en revistas de prestigio internacional. Por otro lado, varios integrantes de los grupos de investigación poseen gran experiencia en el campo de los fotobiorreactores, lo que hace destacar el carácter multidisciplinar del equipo de trabajo planteado. Además, cabe remarcar el alcance internacional del proyecto con la presencia de tres investigadores europeos (Suecia e Italia) y un investigador de Estados Unidos. Así mismo, la temática del proyecto se encuentra enmarcada en las líneas estratégicas de la Unión Europea y del Plan Estatal de investigación, dentro de los retos de Energía Segura, Eficiente y Limpia, formando parte de una línea de investigación de candente actualidad. En este sentido, la consecución de los objetivos planteados tendría una contribución significativa en este campo emergente de las nuevas energías renovables, y permitiría tener un impacto real en la competitividad de este tipo de procesos en el sector del mercado energético. Debido a ello, varias compañías y centros de investigación han mostrado su interés por esta propuesta, tales como Aqualia, AlgaEnergy, Holcim o CIESOL.

**Objetivos:**

- Desarrollo y propuesta de estrategias de modelado e identificación para procesos basados en la producción de biomasa de microalgas.
- Desarrollo de estrategias de control predictivo y metodologías basadas en eventos para la producción óptima de biomasa en fotobiorreactores.
- Implementación y validación de las estrategias desarrolladas en diferentes plantas experimentales.

**2.4.9.3 Internet of Food and Farm IoF2020****Participantes:**

Grupo de Inv. "Automática, Robótica y Mecatrónica". Universidad de Almería (TEP 197)  
 Universidad de Almería – Cátedra Coexphal-UAL  
 72 partners internacionales

**Contactos:**

M. Berenguel (beren@ual.es)  
 Jorge Sánchez (jorgesanchez@ual.es)  
 C. Giagnocavo (cgiagnocavo@ual.es)

**Fuente de financiación:**

H2020 Call for proposals: H2020-IOT-2016-2017 (H2020-IOT-2016). Proposal: 731884 — IoF2020. IoT-01-2016 — Large Scale Pilots. Innovation action.

**Duración prevista:**

Enero 2017 – Diciembre 2020

**Situación:**

En desarrollo

**Resumen:**

El Proyecto Europeo Internet of Food & Farm 2020 (IoF2020, Internet de los Alimentos y las Explotaciones Agrícolas) tiene como objetivo investigar y fomentar la implementación a gran escala del Internet of Things (IoT, Internet de las Cosas) en el sector agrícola y alimentario europeo. Con un presupuesto de 30 millones de euros, cofinanciado por la Unión Europea, el proyecto tiene el potencial de introducir un cambio de paradigma en este ámbito, mejorando drásticamente la productividad y la sostenibilidad. Se demostrará el valor añadido de las redes y sitios web inteligentes de objetos interconectados, sensibles al contexto y que pueden ser identificados, equipados con sensores y controlados remotamente en el sector agroalimentario. El proyecto ha comenzado el 1 de enero de 2017 y tendrá una duración de cuatro años.

IoF2020: 5 ensayos, 19 casos de estudio: IoT tiene el potencial de ser un verdadero elemento transformador de la agricultura. Iniciativas recientes han demostrado el interés del sector en aprovechar las oportunidades que ofrecen las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC), las redes y las tecnologías orientadas a datos. Sin embargo, las actuales aplicaciones disponibles siguen siendo fragmentarias y utilizadas principalmente por un pequeño grupo de usuarios innovadores.

El proyecto IoF2020 ofrecerá soluciones y facilitará la adopción a gran escala de IoT, abordando los retos organizativos y tecnológicos a los que se enfrenta el sector agrícola y alimentario europeo. IoT puede utilizarse por ejemplo para optimizar la calidad de la carne en la Unión Europea (UE) minimizando al mismo tiempo las posibilidades de fraude a través de un incremento de la transparencia y la trazabilidad. Otro ejemplo: en cifras globales, la industria vitivinícola de la UE tiene la mayor proporción de los ingresos agrícolas de la UE. Para mantenerse competitiva a nivel internacional, tanto la viticultura convencional como la orgánica, las tecnologías asociadas al IoT pueden utilizarse para obtener una mayor calidad sostenibilidad medioambiental, junto con la reducción de los costes de producción. El proyecto, que se centra en 19 casos de estudio repartidos por toda Europa, ofrece soluciones a 5 áreas agroalimentarias: cultivos agrícolas herbáceos, productos lácteos, carne, verduras y frutas y tiene en cuenta sus propias necesidades y obstáculos.

loF2020 involucra a todos los actores de la cadena alimentaria: desde agricultores, cooperativas, proveedores de equipamiento y logística, empresas de procesamiento de alimentos, hasta organizaciones de consumidores e incluyendo desarrolladores de TIC.

El proyecto desarrollará soluciones IoT innovadoras fomentando la co-creación en ciclos iterativos de mejora centrados en la aceptabilidad del usuario y en los modelos de negocio para mejorar la tecnología y su aceptación a nivel de mercado. Los usuarios finales son el núcleo del modelo loF2020 y participarán en la evaluación y mejora de las tecnologías en juego, asegurando de que cumplen con los requisitos y las expectativas del sector.

#### **2.4.9.4 Control y gestión óptima de recursos heterogéneos en distritos productivos agroindustriales integrando energías renovables (CHROMAE – Control and Optimal Management of Heterogeneous Resources in Agroindustrial production districts integrating renewable Energies)**

**Participantes:**

Grupo de Inv. “Automática, Robótica y Mecatrónica”. Universidad de Almería (TEP 197)

**Contactos:**

F. Rodríguez (frodri@ual.es)

A. Giménez (agimfer@ual.es)

**Fuente de financiación:**

Ministerio de Economía, Industria y Competitividad. Plan Nacional 2014 (DPI2017-85007-R)

**Duración prevista:**

Enero 2018 – Diciembre 2020

**Situación:**

En curso

**Resumen:**

Actualmente existe una creciente preocupación por la sobreexplotación de recursos energéticos y materiales no renovables, asociada al cambio climático y a la necesidad de mantener la economía moderna y la calidad de vida. Esta propuesta pretende contribuir, desde la disciplina del control automático, a la gestión óptima de esos recursos de forma que asegure el acceso equitativo, la eficiencia y la sostenibilidad en los ámbitos del agua, la energía y otros haciendo uso de energías renovables. En concreto, el proyecto aborda el problema de la gestión óptima de recursos en distritos agroindustriales, constituidos por explotaciones agrícolas, empresas de transformación y de suministro de insumos localizadas en un determinado territorio. Todos estos elementos tienen diferentes objetivos industriales por lo que presentan distintas necesidades de recursos heterogéneos tanto energéticos (electricidad y calor/frío) como materiales (agua y CO<sub>2</sub>). En este marco de colaboración, caracterizado por la heterogeneidad en la demanda, es necesario gestionar convenientemente el uso eficiente de los recursos en cada uno de los sistemas y, que se coordine el flujo entre los elementos del distrito, más aún si se usan energías renovables, estableciendo como premisa que el resultado de la gestión óptima produzca un impacto ambiental lo más reducido posible. Teniendo en cuenta estas consideraciones, los objetivos principales de esta propuesta son:

- Caracterización y modelado de los flujos de recursos e interrelaciones entre los elementos del distrito que determinan la actividad productiva, ya sea con el papel de consumidor, productor o almacén de los mismos basándose en el paradigma de los sistemas multi-generación distribuida y multi-energía. Se propone como resultado prioritario del proyecto un entorno de simulación de consumo y producción de recursos heterogéneos para distritos agroalimentarios (aunque fácilmente extrapolable a cualquier otro) que permitan analizar casos concretos, probar nuevos enfoques de gestión y tomar decisiones que optimicen su uso.
- Desarrollo de estrategias de control de las variables descriptivas de funcionamiento de los elementos del distrito de manera que puedan satisfacer sus objetivos cumpliendo determinadas especificaciones

técnicas, pero también minimizando el uso de los recursos necesarios para ello, utilizando principalmente técnicas de control predictivo.

- Desarrollo de estrategias de control y gestión integral y óptima de recursos heterogéneos necesarios para el funcionamiento de los elementos que conforman un distrito agroindustrial utilizando técnicas de control (predictivo centralizado y/o distribuido, controladores óptimos o controladores basados en reglas entre otros) que consideren aspectos tanto económicos y medioambientales como el uso eficiente de los mismos.

El cumplimiento de estos objetivos representa una contribución significativa con impacto real en esta clase de procesos, como demuestra la colaboración en el proyecto de Instituciones como la Fundación Cajamar y el IFAPA y el interés que ha despertado en diferentes empresas interesadas en los resultados, de forma que se espera sean de aplicabilidad a medio plazo. La propuesta es una continuación natural de actividades de proyectos anteriores, en las que se adquirió una considerable experiencia en control de sistemas energéticos, con numerosos artículos publicados en revistas de prestigio y relaciones con grupos de investigación internacionales.

#### **Objetivos:**

El objetivo principal de esta propuesta es el desarrollo de estrategias de gestión integral, coordinada y óptima de recursos heterogéneos como energía y materiales, necesarios para el funcionamiento de los elementos que conforman un distrito agroindustrial utilizando técnicas de control automático que consideren aspectos tanto económicos y medioambientales como el uso eficiente de los mismos.

#### **2.4.9.5 Modelado y Control del proceso combinado de producción de microALgas y tratamiento de aguas RESiduales con reactores industriales (CALRESI – Modeling and control of the combined process of microalgae production and wastewater treatment with industrial reactors)**

##### **Participantes:**

Grupo de Inv. "Automática, Robótica y Mecatrónica". Universidad de Almería (TEP 197)  
Departamento de Informática y Automática de la UNED

##### **Contactos:**

José Luis Guzmán (joseluis.guzman@ual.es)  
José Luis Blanco (jlblanco@ual.es)  
José Sánchez (jsanchez@dia.uned.es)

##### **Fuente de financiación:**

Ministerio de Economía, Industria y Competitividad. Plan Nacional 2014 (DPI2017-84259-C2-1-R)

##### **Duración prevista:**

Enero 2018 – Diciembre 2020

##### **Situación:**

En curso

##### **Resumen:**

El proyecto trata sobre el análisis, estudio y aplicación de estrategias de modelado y control para la optimización del proceso de tratamiento de aguas residuales y producción de biomasa de microalgas en fotobioreactores industriales de gran escala. El principal objetivo consiste en alcanzar las condiciones de trabajo óptimas que permitan un sinergia eficiente del proceso combinado del crecimiento óptimo de microalgas y el tratamiento de aguas residuales, tratando de alcanzar un balance adecuado entre la energía requerida para dicho proceso, la inyección de CO<sub>2</sub> para la maximización de producción de microalgas y la recuperación de costes a través de los productos derivados resultantes. Las microalgas utilizan nutrientes derivados de las aguas residuales (carbono, nitrógeno y fósforo), evitando así el uso de fertilizantes químicos. La adecuada combinación de microalgas con aguas residuales permitirá alcanzar un balance energético adecuado para este tipo de procesos y de la misma forma contribuyendo a la

mitigación de emisión de gases al medioambiente. Destacar que la presencia de microalgas, bacterias y materia orgánica hace que este tipo de sistemas presenten unas dinámicas altamente complejas y con un carácter fuertemente no lineal.

**Objetivos:**

- Propuesta y desarrollo de estrategias de modelado, estimación e identificación para el proceso combinado de la producción de microalgas y tratamiento de aguas residuales en reactores raceway.
- Desarrollo y propuesta de diferentes estrategias de control para la producción eficiente de biomasa y el tratamiento de aguas residuales con el fin de contribuir a la reducción de costes y reducción del impacto medioambiental.
- Implementación y validación de las estrategias de modelado y control desarrolladas en dos fotobiorreactores industriales raceway de gran escala.

**2.4.9.6 SmartAgriHubs: Connecting the dots to unleash the innovation potential for digital transformation of the European agri-food sector**

**Participantes:**

Universidad de Almería, Cátedra Coexphal-UAL  
Grupo de Inv. "Automática, Robótica y Mecatrónica". Universidad de Almería (TEP 197)  
104 partners internacionales

**Contactos:**

C. Giagnocavo (cgiagnocavo@ual.es)  
M. Berenguel (beren@ual.es)

**Fuente de financiación:**

Horizon 2020 Framework Programme. Call for proposals H2020-RUR-2018-2020 (H2020-RUR-2018-1).  
Proposal 818182 (starts 01/11/2018). UAL leader C. Giagnocavo.

**Duración prevista:**

Noviembre 2018 – Octubre 2022

**Situación:**

En desarrollo

**Resumen:**

La Unión Europea ha realizado una apuesta muy fuerte por la implantación masiva de las nuevas tecnologías en la agricultura intensiva, que se ha materializado a través del proyecto SmartAgriHubs, en el que Almería y la Universidad de Almería tienen un papel muy destacado. Con SmartAgriHubs se persigue realizar una transformación digital en el sector agroalimentario, que conduzca a un aumento de su competitividad y sostenibilidad. El recientemente creado *Almería Digital Innovation Hub*, liderado por Cajamar y COEXPHAL, junto con la UAL, Cátedra COEXPHAL-UAL, Hispatec y AgroColor, forma parte de la iniciativa SmartAgriHubs y será fundamental para la digitalización de la horticultura de precisión bajo invernadero en Almería. Este proyecto cuenta con un presupuesto de 20 millones de euros y la Universidad de Almería lidera el paquete de trabajo de los Centros de Competencia (CC) en toda Europa. SmartAgriHubs ya ha puesto en marcha una red de 140 Centros de Innovación Digital, que a su vez se agrupan en nueve clústeres regionales, comandados por organizaciones relacionadas con iniciativas y estrategias de financiación nacionales o regionales, que persiguen la digitalización del sector agrícola.

**Objetivos:**

En el marco de este proyecto, la Universidad de Almería se encargará de la elaboración de un catálogo y de la clasificación de tecnologías digitales útiles para conseguir los objetivos de SmartAgriHubs. También se trabajará en la creación de un catálogo de los Centros de Competencia existentes en colaboración con

los clústeres regionales de todo el continente europeo. Además, elaborarán perfiles y análisis de competencias para identificar nuevos intercambios de conocimiento y oportunidades de negocio, así como coordinar y gestionar la red de Centros de Competencia, para hacer frente a los retos y satisfacer las necesidades identificadas por los Centros de Innovación Digital (*Digital Innovation Hubs*) y su comunidad de usuarios.

#### 2.4.9.7 Interactive books for control education

**Participantes:**

Grupo de Inv. "Automática, Robótica y Mecatrónica". Universidad de Almería (TEP 197)

**Contactos:**

J.L. Guzmán (joseluis.guzman@ual.es)

**Fuente de financiación:**

IEEE Outreach project (USA)

**Duración prevista:**

01/01/2018-30/03/2019

**Situación:**

En desarrollo

**Resumen:**

El objetivo de este proyecto financiado por el IEEE es desarrollar libros interactivos sobre fundamentos de control automático que se puedan utilizar en múltiples dispositivos y que proporcionen la posibilidad de interacción con simulaciones y otras prestaciones sobre el propio libro.

#### 2.4.9.8 Sustainable Algae Biorefinery for Agriculture and Aquaculture SABANA

**Participantes:**

CIESOL-Universidad de Almería,

**Contactos:**

F. Acien (acien@ual.es)

**Fuente de financiación:**

Horizonte 2020.

**Duración prevista:**

Diciembre 2016 – noviembre 2020

**Situación:**

En desarrollo

**Resumen:**

SABANA tiene como objetivo desarrollar una biorrefinería integrada a gran escala a base de microalgas para la producción de bioestimulantes, bioplaguicidas y aditivos para piensos, además de los biofertilizantes y alimentos acuícolas, utilizando solo agua marina y nutrientes de aguas residuales (aguas residuales, agua central y estiércol de cerdo). El objetivo es lograr un proceso de desperdicio cero en una demostración de hasta 5 ha sostenible tanto ambiental como económicamente. Se operará un Centro de Demostración de esta biorrefinería para demostrar la tecnología, evaluar las características operativas del sistema, evaluar los impactos ambientales y colaborar con los clientes potenciales para su uso. La unidad de Modelado y Control colabora en el diseño de sistemas de adquisición de datos y control.

#### 2.4.9.9 Microrredes para el autoabastecimiento solar de entornos productivos aislados MICROPROD-SOLAR

**Participantes:**

Centro de Investigaciones en Energía Solar CIESOL (España), centro mixto UAL-CIEMAT

Centro de Tecnologías para Energía Solar CSET (Chile) centro mixto Fundación Fraunhofer

Inventive Power (México), empresa fabricante de captadores solares cilindro-parabólicos para aplicaciones industriales

SOLATOM (España), empresa fabricante de captadores solares Fresnel para aplicaciones industriales.



**Contactos:**

M. Pérez (mperez@ual.es)

**Fuente de financiación:**

Convocatoria a Proyectos en Temas Estratégicos 2018 ERANET LAC. P918PTE0258

**Duración prevista:**

Enero 2019 – Diciembre 2021

**Situación:**

Concedido

**Resumen:**

Este proyecto tiene como objetivo desarrollar un conjunto de instrumentos de análisis y toma de decisiones que justifiquen y favorezcan la implantación de microrredes energéticas distribuidas para el autoabastecimiento de enclaves productivos aislados en Iberoamérica. El tipo de suministro a considerar incluirá tanto el de electricidad como el de calor de proceso y frío industrial, en ambos casos de origen solar, sin perjuicio de otras aportaciones renovables en aquellos casos que el recurso disponible lo permita. Este objetivo se desarrollará a través de una intensificación inicial en las siguientes actividades productivas, seleccionadas en base a la experiencia y capacidades de los miembros de consorcio: 1) el autoabastecimiento energético de pequeñas industrias o comunidades dedicadas a la elaboración del vino y destilados, 2) granjas pecuarias dedicadas al tratamiento y conservación de la leche y sus derivados y 3) industrias conserveras cultivos tradicionales (espárrago, frijol,...).

#### 2.4.10 Participación en Redes durante 2018

**Red temática en Ingeniería de Control**

**Participantes:**

Grupo de Inv. "Automática, Robótica y Mecatrónica". Universidad de Almería (TEP 197)  
10 Universidades Españolas

**Contactos:**

J.L. Guzmán (joseluis.guzman@ual.es)

**Fuente de financiación:**

Acciones de Dinamización "Redes de Excelencia". Ministerio de Economía, Industria y Competitividad. DPI2017-90823-REDT

**Duración prevista:**

01/01/2017-31/12/2018

**Situación:**

En desarrollo

**Grupos operativos**

- Go Invernconec: Desde el cultivo hasta el consumidor final.  
[http://www.coexpfal.es/wp-content/uploads/2018/10/GOINVERCONEC\\_Cartel.pdf](http://www.coexpfal.es/wp-content/uploads/2018/10/GOINVERCONEC_Cartel.pdf)
- ES-Agri – Energía sostenible para agricultura protegida.  
<http://www.coexpfal.es/grupos-operativos-autonomicos/>
- A4P. Agrodata 4 Prediction. <http://www.coexpfal.es/grupos-operativos-autonomicos/>
- Inteligencia Artificial y Big Data para la mejora de la rentabilidad del agricultor andaluz.  
<http://unicagroup.es/bigdata/>

#### 2.4.11 Transferencia y Actividades Complementarias

**Contratos con empresas**

- Mapas de índice ultravioleta solar (UVI) en el interior de invernaderos tipo Almería (raspa y amagado). Código 001312. Instituto Andaluz de Prevención de Riesgos Laborales. IP. Ángel Jesús Callejón Ferre, 08/03/2018-07/03/2019.
- AGRONAUTA, automatización de las labores agronómicas en explotaciones agrícolas intensivas mediante robótica Novedades Agrícolas, S.A. IP. Francisco Rodríguez Díaz. 19/06/2017-18/12/2018.

**Convenio con la Universidad de Brescia**

El convenio incluye co-tutela de Tesis, intercambio de alumnos Erasmus, doble título en Mecatrónica para la automatización industrial, etc. Fruto del convenio el Prof. Manuel Berenguel ha co-dirigido, junto al Prof. Antonio Visioli, la tesis de Manuel Beschi. El grupo de la Universidad de Brescia realizó una estancia (Domenico Gorni y Antonio Visioli) en el ámbito del proyecto Sfera 2, dedicada al modelado simplificado de habitaciones en edificios y otra estancia (Luca Merigo) dedicada al desarrollo de algoritmos de control basado en eventos.

**Colaboración en el programa ERASMUS+ KA 107**Participantes:

- Unidad de Modelado y Control Automático
- Servicio de Relaciones Internacionales de la Universidad de Almería

Contactos:

- Manuel Pérez García (mperez@ual.es)
- María del Mar Sánchez (sri@ual.es)

Descripción de la actividad:

El programa Erasmus+ KA 107 es un programa de intercambio de estudiantes y profesores orientado a la colaboración con países asociados. En el mismo se admiten estancias de profesores y estudiantes de máster y doctorado que incluyen actividades de investigación. A lo largo del año 2017 se han llevado a cabo colaboraciones en el marco de este programa con la Universidad Internacional de Rabat y con la Universidad de la República de Uruguay.

**Colaboración en el programa STUDY ABROAD de la Universidad de Almería**Participantes:

- Unidad de Modelado y Control Automático
- Servicio de Relaciones Internacionales de la Universidad de Almería

Contactos:

- Manuel Pérez García (mperez@ual.es)
- María del Mar Sánchez (sri@ual.es)

Descripción de la actividad:

El programa de verano STUDY ABROAD de la UAL ofrece un paquete completo que incluye matrícula y alojamiento y un conjunto de servicios culturales a estudiantes internacionales que realizan cursos especializados de 80 horas a impartir en el mes de julio organizados por departamentos y centros de investigación de la Universidad de Almería. La Unidad de Modelado y Control Automático ha coordinado el curso denominado "Procesos de Transferencia de Energía en Instalaciones Solares Térmicas. Modelado y aplicaciones al diseño".

**Colaboración en el programa PIMA**Participantes:

- Unidad de Modelado y Control Automático
- Servicio de Relaciones Internacionales de la Universidad de Almería

Contactos:

- Manuel Pérez García (mperez@ual.es)

Descripción de la actividad:

Intercambio de estudiantes de la UAL y de la Universidad Federal de Santa Catarina (Brasil).

**Colaboración con IMDEA Energía**

Participantes:

- Unidad de Modelado y Control Automático

Contactos:

- Luis José Yebra Muñoz (luis.yebra@psa.es)

Descripción de la actividad:

Colaboración en el proyecto europeo Sun2Liquid de IMDEA Energía, en el modelado y control de un campo de helióstatos destinado a la producción de combustible solar en un reactor químico. Los trabajos de modelado se centran principalmente en el modelado mecánico de un heliostato diferente de los que generalmente se operan en PSA. Este tipo de heliostato necesita un modelo detallado para su operación y su calibración experimental para cumplir con las estrictas especificaciones de operación requeridas del punto de puntería. Las actividades no realizadas hasta el momento en el dominio de modelación termo-fluida se están otorgando en este caso, como el control en tiempo real de los helióstatos en el funcionamiento de la instalación.

**2.4.12 Actividades de Difusión**

- Torneo Clasificatorio de la FIRST Lego League
- II Jornadas de Automática, Robótica y Mecatrónica
- Desafío Club de Robótica de la Universidad de Almería
- Noche de los Investigadores, Almería
- Semana de la Ciencia, Almería
- Club de Robótica
- Ventana de la Ciencia
- European Robotics Week
- Campus Tecnológico de Chicas
- Semana de la Informática
- Visita tu Universidad
- Feria Aula Empresa La Salle 2018
- Actualidad Científica en Almería

**2.4.13 Proyectos solicitados durante 2018**

- Sistema abierto y escalable de supervisión, gestión eficiente de la energía y control de confort del edificio singular y estratégico CIESOL [Infraestructura FEDER CIESOL]
- AgriDASH: Building an open, standards-based ecosystem enabling data integration and benchmarking for the next generation of European digital farm platforms - Horizon 2020.

Call: H2020-DT-2018-2020 (Digitising and transforming European industry and services: digital innovation hubs and platforms). Topic: DT-ICT-08-2019. Type of action: IA. Proposal number: 857150. Proposal acronym: AGRIDASH. Deadline Id: H2020-DT-2018-2. IP Christopher Brewster (TNO, NL), IP UAL Manuel Berenguel.

- EU Project. AUTOMATON. Automating Agricultural Technologies on Farm. H2020-RUR-2018-2. Type of action: CSA. IP. Francisco Rodríguez.
- EU Project. ICT7- FARM-UP. IP. Jorge Antonio Sánchez.
- *Next Generation training on Intelligent Greenhouse (NGHTRA)*. Erasmus+ KA2. IP. Francisco Rodríguez
- *Sfera 3*. IP. José Antonio Sánchez Pérez
- PRIMA 1. SICHOMORE: Sustainable Intensification of Covered HOrticulture for the Mitigation Of Resources Exhaustion.
- PRIMA 2. UPCYCLER: Upcycling of urban waste water and saline water to irrigation and drinking water through greenhouse crop production using integrated evapo-condensation technology and residual disinfection
- CARBON4GREEN – UAL- FEDER
- AGRICOTBIOT (AGRICULTURAL COLLABORATIVE ROBOT INSIDE THE IOT). Robot colaborativo para transporte inteligente en interior de invernaderos con soporte en IoT. UAL-FEDER. Proyecto de Excelencia de la Junta de Andalucía.
- MULTISOL Concentrador solar térmico multifuncional. Proyecto de Excelencia de la Junta de Andalucía.

#### 2.4.14 Otros

##### Tesis Doctorales (en proceso de realización)

- Francisco José Gómez Navarro (supervisores Luis José Yebra y Antonio Giménez).
- Ana Paola Montoya (supervisores José Luis Guzmán y Francisco Rodríguez Díaz).
- Margarita Rodríguez García (supervisores Manuel Pérez García y Eduardo Zarza Moya)
- José María Márquez Payés (supervisor Manuel Pérez García)
- Francisco Manuel Márquez García (supervisores Pedro José Zufiria Zatarain y Luis José Yebra)
- Jerónimo Ramos Teodoro (supervisores Manuel Berenguel y Francisco Rodríguez)
- Juan Diego Gil Vergel (supervisores Manuel Berenguel y Lidia Roca)
- Ángeles Hoyo Sánchez (supervisores José Luis Guzmán Sánchez y José Carlos Moreno Úbeda)
- Yaser Imad Alamin (supervisores José Domingo Álvarez Hervás, María del Mar Castilla Nieto y Antonio Ruano)

##### Otros proyectos:

- Coordinación del Grupo Especializado de Media Temperatura de la Plataforma Tecnológica Nacional SOLARCONCENTRA
- Plataforma Tecnológica Española de Robótica HISPAREB (<http://www.hisparob.es>)
- Comité Español de Automática ([www.ceautomatica.es](http://www.ceautomatica.es))
- Red/Plataforma de Automatización e Informática en Agricultura

#### **Alumnos en prácticas curriculares:**

- Almagro Bernal, Álvaro. Localización de personas en el interior de edificios.
- Alonso Martos, Javier. Modelado de recintos para caracterización energética de envolventes en edificios. Caso práctico: Taller del LECE en la Plataforma Solar de Almería.
- Aranda Contreras, Ricardo. Instrumentación y control de plantas de desalación solar.
- Capilla del Pino, Miguel. Diseño de controladores multivariables para una planta de desalación solar.
- García Blanes, Laura. Instrumentación y supervisión en fotobioreactores del proyecto SABANA.
- Haro Rubio, Antonio. Gestión de carga de vehículos eléctricos en entornos V2G y G2V conectados a una microrred con apoyo fotovoltaico.
- Heredia Vicente, Galo. Diseño de automatismos para el control de un concentrador solar lineal Fresnel.
- Martínez González, Juan José. Instrumentación y supervisión en fotobioreactores del proyecto SABANA.
- Martínez Romera, Guillermo Jesús. Realización de ensayos de durabilidad de reflectores solares, tanto en condiciones de envejecimiento acelerado en cámaras climáticas como en condiciones reales de exposición a intemperie en la Plataforma Solar de Almería.
- Puertas Cazola, Ángeles. Análisis de métodos de optimización multiobjetivo para su uso en ingeniería de control.
- Ramos Muñoz, Francisco. Estudio del impacto de los excedentes de producción de energía solar en vehículos híbridos enchufables.
- Ruipérez Algarra, Elia. Diseño de un sistema móvil de visión para monitorización de cultivo en invernadero.
- Sánchez López, Antonio José. Modelado del pH de un reactor raceway mediante modelos Wiener y Hammerstein.
- Sánchez López, Ismael. Estudio aplicaciones de las baterías LFO para el almacenamiento de energía eléctrica en viviendas.
- Sánchez Román, Juan Francisco. Realización de ensayos de durabilidad de reflectores solares, tanto en condiciones de envejecimiento acelerado en cámaras climáticas como en condiciones reales de exposición a intemperie en la Plataforma Solar de Almería.
- Sainz-Cantero Paredes, José Antonio. Diseño e implementación de un SCADA para automatización de apertura de puertas de emergencia en situación de riesgo de incendio.
- Verdegay Expósito, Antonio. Análisis e ingeniería de puntos de recarga bidireccionales de una flota de vehículos eléctricos como elemento de la microrred inteligente en desarrollo en el centro CIESOL.

#### **Trabajos fin de estudios:**

- Antonio Recio Martín. Modelado de plantas de captadores lineales Fresnel en aplicaciones de destilación multiefecto con termocompresión de vapor. Directores: Diego César Alarcón Padilla, Manuel Berenguel Soria. Trabajo Fin de Máster. Máster en Energía Solar. Universidad de Almería. 18/09/2018. Sobresaliente.

- Ricardo Aranda Contreras. Control de motores de corriente continua con compensación de zona muerta. Directores: Manuel Berenguel Soria, José Luis Guzmán Sánchez. Trabajo Fin de Grado. Grado en Ingeniería Electrónica Industrial (2010). Universidad de Almería. 25/09/2018. Sobresaliente.
- Francisco Ramos Muñoz. Evaluación de estrategias de optimización y control en vehículos híbridos eléctricos. Directores: José Luis Torres Moreno, Manuel Berenguel Soria. Trabajo Fin de Grado. Grado en Ingeniería Electrónica Industrial (2010). Universidad de Almería. 20/09/2018. Sobresaliente.
- Jairo Ordóñez Oliver. Diseño y programación de herramientas interactivas de control basado en Easy Java Simulations para Android/IOS/Web. Directores: José Luis Guzmán Sánchez, Manuel Berenguel Soria, Trabajo Fin de Grado. Grado en Ingeniería Electrónica Industrial (2010). Universidad de Almería. 11/07/2018. Notable.
- José Luis Martínez García. Análisis de la relación entre especificaciones en el dominio del tiempo y en el dominio de la frecuencia. Directores: Manuel Berenguel Soria, José Luis Guzmán Sánchez. Trabajo Fin de Grado. Grado en Ingeniería Electrónica Industrial (2010). Universidad de Almería. 11/07/2018. Sobresaliente.
- Ana Isabel Sánchez Pelegrina. Modelado y control de una planta de nano-filtración aplicada a la reutilización de aguas residuales. Directores: Francisco Rodríguez Díaz, Isabel Oller Alberola, Trabajo Fin de Grado. Grado en Ingeniería Química Industrial. Universidad de Almería. 02/2018. Notable.
- Félix Sánchez Montilla. Desarrollo de un sistema de supervisión del confort lumínico de una sala multifunción del edificio inmótico CIESOL. Directores: Francisco Rodríguez Díaz, Juan Diego Gil Vergel. Trabajo Fin de Grado. Grado. Grado en Ingeniería Electrónica Industrial (2010). Universidad de Almería. 09/2018. Sobresaliente.
- Juan Ignacio Rodríguez Rodríguez. Desarrollo de un sistema de interacción hombre-robot humanoide mediante órdenes verbales y gestuales. Directores: Francisco Rodríguez Díaz, Julián García Donaire. Trabajo Fin de Grado. Grado. Grado en Ingeniería Electrónica Industrial (2010). Universidad de Almería. 07/2018. Sobresaliente.
- Cynthia Macarena León. Diseño de una instalación fotovoltaica de autoconsumo para un invernadero de alta tecnología de la provincia de Almería. Directores: Manuel Pérez García, Francisco Rodríguez Díaz. Trabajo Fin de Máster. Máster en Energía Solar. Universidad de Almería. 18/09/2018. Notable.
- Mattia Quaresmini, Universidad de Brescia, Italia (01/02/2018-31/07/2018). Multivariable control of temperature and humidity in greenhouses. Supervisores: Antonio Visioli, Jorge Antonio Sánchez Molina, Francisco Rodríguez Díaz. 19/12/2018. Sobresaliente.
- Andrea Tosi, Universidad de Brescia, Italia (01/02/2018-31/07/2018). Multivariable controller for stationary flat plate solar collectors. Supervisores: Lidia Roca, Juan Diego Gil, Antonio Visioli, Manuel Berenguel. 19/12/2018. Sobresaliente.
- Paolo Visieri, Universidad de Brescia, Italia (01/02/2018-31/07/2018). Development of a Control System for General Anesthesia. Supervisores: Antonio Visioli, Andrzej Pawlowski. 19/12/2018. Sobresaliente.
- Antonio Haro Rubio. Modelado de la dinámica longitudinal de un vehículo eléctrico para evaluar estrategias de gestión energética en micro-redes. Director: José Luis Torres Moreno. Trabajo Fin de Grado. Grado en Ingeniería Mecánica (2010). Universidad de Almería. 09/2018. Sobresaliente.
- Francisco Javier Serrano Parra. Recarga vehículos eléctricos con energía fotovoltaica para puestos de trabajo. Director: José Luis Torres Moreno. Trabajo Fin de Grado. Grado en Ingeniería Mecánica (2010). Universidad de Almería. 09/2018. Sobresaliente.

- Paloma Carrasco Fernández. Automatización de un parking mediante autómatas programables y SCADA. Director: María del Mar Castilla Nieto. Trabajo Fin de Grado. Grado. Grado en Ingeniería Electrónica, Robótica y Mecatrónica. Universidad de Sevilla. 09/2018. Sobresaliente.
- José Fisas Jindra. Análisis de Sistemas de Climatización con EnergyPlus. Director: María del Mar Castilla Nieto. Trabajo Fin de Grado. Grado. Grado en Ingeniería de la Energía. Universidad de Sevilla. 09/2018. Sobresaliente.

#### **Premios**

- Primer premio al concurso nacional de Ingeniería de Control del Comité Español de Automática. Alumno: Javier Machado Mañas. Tutor: José Luis Guzmán Sánchez. <https://news.ual.es/ciencia/un-estudiante-de-la-ual-gana-el-concurso-nacional-de-ingenieria-de-control/>
- Premio al mejor trabajo del Grupo Temático en Ingeniería de Control del Comité Español de Automática al trabajo realizado por investigadores de CIESOL: A. Sánchez-Peregrina, F. Rodríguez, I. Oller, M. Berenguel, S. Malato. Modelado y control de una planta piloto de nanofiltración aplicada a la reutilización de aguas residuales en agricultura. <https://news.ual.es/ciencia/premiado-un-trabajo-de-ciesol-para-automatizar-sistemas-de-reutilizacion-de-aguas-residuales/>
- Premio de la Sociedad Española de Agroingeniería al mejor trabajo presentado en el III Simposio de Ingeniería Hortícola realizado por investigadores de CIESOL: M. Muñoz, M. Berenguel, C. Giagnocavo, F. Rodríguez, J.A. Sánchez. IoT aplicado a la trazabilidad y toma de decisiones para el cultivo de tomate en invernadero.  
<https://news.ual.es/ciencia/la-ual-es-premiada-por-la-sociedad-espanola-de-agroingenieria-gracias-al-proyecto-internet-food-and-farm-iof2020/>
- Premio del Foro de Consejos Sociales de las Universidades Públicas de Andalucía: Ángeles Hoyo. 'Control y optimización de aguas residuales con fotobiorreactores industriales'  
<https://news.ual.es/ciencia/la-ual-recibe-dos-premios-del-foro-de-consejos-sociales-de-las-universidades-publicas-de-andalucia/>
- Premio del Consejo Social de la Universidad de Almería a la Investigación Aplicada a la Empresa: Grupo de Investigación TEP-197 de 'Automática, Robótica y Mecatrónica'  
<http://cms.ual.es/UAL/universidad/organosgobierno/consejosocial/noticias/PREMIOSALAINVESTIGACION19EDC>

#### **Asistencia a Jornadas de Transferencia y difusión**

- IoF2020 Partners Meeting & Stakeholder Event. Congreso Internacional UE, Almería. Proyecto Internet of Food and Farm. 250 asistentes, 28/02/2018 - 02/03/2018.
- DATAGRI 2018, Córdoba, España. 26/11/2018-27/11/2018. <https://www.datagri.org/>

#### **Otras actividades científicas**

- Revisión de trabajos en revistas.
- J.L. Guzmán. Responsable del Grupo Temático de Ingeniería de Control del Comité Español de Automática.
- A. Giménez. Responsable del Grupo Temático de Robótica del Comité Español de Automática.
- J.L. Guzmán. Organizador del Simposio de Ingeniería de Control del Comité Español de Automática en 2018.



- M. Berenguel. Organizado del IoF2020 Stakeholders Meeting, 2018.
- M. Pérez. Miembro de ISES. International Solar Energy Society.
- M. Pérez. Miembro de RSEF. Real Sociedad Española de Física.
- M. Pérez. Vocal Junta Directiva AEDES. Asociación Española de Energía Solar.

## 2.5 ACTIVIDADES EN EVALUACIÓN DEL RECURSO SOLAR Y FRÍO SOLAR

### 2.5.1 Descripción de la unidad

La Unidad de Recurso Solar y Frío Solar está compuesta por los miembros de los grupos "Recursos Energético Solares y Climatología (TEP165)" y el "Grupo Interdisciplinar de fluidos complejos (FQM230)". El grupo TEP 165 es un grupo estable desde su creación en el año 1997 en el seno del Plan Andaluz de Investigación de la Junta de Andalucía, siendo su responsable desde su fundación Francisco Javier Batlles Garrido. Nuestro grupo ha sido considerado en numerosas ocasiones como Grupo de Excelencia dentro del Plan Andaluz de Investigación. Está formado por profesores doctores del área de Física Aplicada y del área de Lenguajes y Sistemas Informáticos y tres becarios de investigación también doctores. El grupo FQM230 fue creado en el año 1995, y sus líneas de investigación se centran en el estudio de los fluidos complejos. Está compuesto en la actualidad por siete doctores, todos ellos del área de Física Aplicada, y está dirigido por Manuel Servando Romero Cano.

### 2.5.2 Líneas estratégicas de la unidad

Las principales líneas estratégicas de la unidad son las siguientes:

- Evaluación y predicción del recurso solar.
- Teledetección.
- Cámaras de cielo.
- Optimización de cámaras de cielos
- Diseño y optimización de plantas de refrigeración y calefacción solar.
- Diseño y optimización de sistemas de refrigeración y calefacción utilizando agua de subsuelo e intercambiadores geotérmicos.
- Diseño y optimización de plantas de trigeneración.
- Integración de los sistemas térmicos y fotovoltaicos a la construcción, naves, almacenes e invernaderos.
- Almacenamiento de energía térmica con materiales de cambio de fase.

### 2.5.3 Investigador principal del grupo

**Francisco Javier Batlles Garrido** (Scopus Author 6602731047)

Catedrático de Universidad en el área de Física Aplicada. Desarrolla tanto su actividad docente como investigadora en el I Departamento de Química y Física de la Universidad de Almería. Licenciado en Ciencias Físicas por la Universidad de Granada y Doctor en Ciencias Físicas por la Universidad de Granada. Director desde su fundación en 1998 del Grupo de Investigación "Recursos Energético Solares y Climatología" del Plan Andaluz de Investigación. Miembro de la Comisión de Evaluación Científica y Tecnológica de Andalucía, perteneciente al Plan Andaluz de Investigación, del 2002 al 2005. Evaluador Internacional de la Comisión Nacional de Acreditación de Chile. Ha desarrollado su labor científica siempre en el seno del Grupo de Investigación en temas relacionados con la evaluación y predicción del recurso solar y modelado y diseño de instalaciones solares para calefacción y refrigeración de edificios. Ha sido Investigador principal de proyectos del Plan Nacional de Investigación y uno de la Comunidad Económica Europea. Ha dirigido 10 contratos de investigación con diferentes instituciones públicas y privadas, entre las que cabe destacar, GEMASOLAR 2006, S.L., Torresol Energy O & M, S.A, Millenio Solar Desarrollo de Proyectos, Agencia Aeroespacial Alemana. Coautor de más de 60 artículos en revistas internacionales con impacto, más de 150 publicaciones en congresos tanto nacionales como internacionales así como un libro nacional. Ha dirigido 8 tesis doctorales.

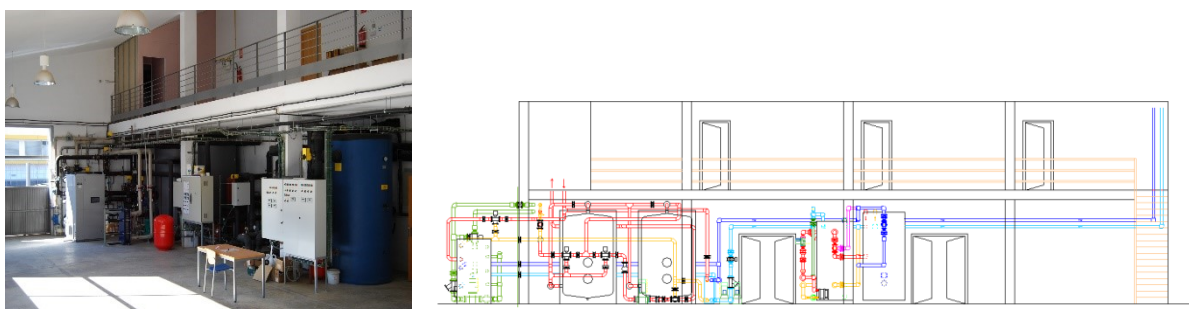
### 2.5.4 Resumen de la actividad desarrollada en CIESOL durante 2017

Durante 2018 se ha trabajado en el proyecto de infraestructura científica en ejecución titulado "Módulo piloto polivalente para evaluación optimización y mejora de los sistemas de frigoconservación agroalimentaria con energías renovables, UNAM13-1E-2532". Se construyó el módulo Piloto compuesto por tres módulos principales complementarios entre sí, y de una sala de supervisión y control común en donde se instaló un sistema experto de adquisición de datos, monitorización y control remoto flexible como herramienta de gestión, supervisión y evaluación de los ensayos a realizar dirigidos a caracterizar el modelo sostenible a implantar. Se ha realizado un estudio energético y exergético de los tres sistemas de refrigeración: sistema de absorción, sistema de materiales de cambio de fase y sistema convencional.

Se ha trabajado sobre la caracterización térmica de materiales de cambio de fase sólido-líquido (PCM). Para ello se ha contado con tres colaboraciones, por un lado la Profesora Svetlana Ushak, de la Universidad de Antofagasta (Chile), Profesor Antonio Manuel Puertas López, el miembro del Departamento de Química y Física Aplicada (Universidad de Almería) y por otro lado la empresa Phase Change Technologies S.L. Los principales objetivos de esta colaboración es desarrollar una metodología para la caracterización térmica de materiales utilizados en la fabricación de PCM. En este sentido el Profesor Francisco Javier Batlles Garrido realizó una estancia en Chile (noviembre 2018) en el Centro de Investigación de Energía Solar (SERC). En dicha estancia se colaboró con la Universidad de Antofagasta y la Universidad de Chile en el diseño de materiales de cambio de fase. Además, tuvimos varias interacciones con la Universidad de Ciencia y Tecnología de Wrocław (WUST) (socio del proyecto PCMSOL) en relación con el diseño e instalación de todos los componentes de tanques de almacenamiento basados en PCM, así como el cálculo de las ganancias de calor internas y externas registradas en el edificio CIESOL. En particular, algunos miembros de WUST visitaron el CIESOL en septiembre de 2018. Finalmente, se estableció la coordinación entre la Universidad Católica de Bolivia (socio del proyecto PCMSOL), con frecuentes intercambios de información y estado laboral; El objetivo principal es definir y llevar a cabo el análisis de exergía del sistema de aire acondicionado híbrido PCM asistido por energía solar. En particular, el profesor Marcos Luján visitó CIESOL en junio de 2018.

En diciembre de 2018, actualizamos el aire acondicionado con asistencia solar (SCH) que se encuentra actualmente instalado en el edificio CIESOL, para que pueda integrarse con dos tanques de almacenamiento basados en PCM diseñados dentro del proyecto PCMSOL (véase la Figura 1).

La Figura 2.5.1 ilustra el lugar de trabajo de CIESOL con los componentes principales del sistema SCH antes del inicio del proyecto PCMSOL y la figura 2.5.2 El diseño general de los tanques de almacenamiento basados en PCM con los sensores de medición y la imagen de los tanques de almacenamiento mencionados anteriormente (instalados en diciembre de 2018).



La Figura 2.5.1. Lugar de trabajo de CIESOL

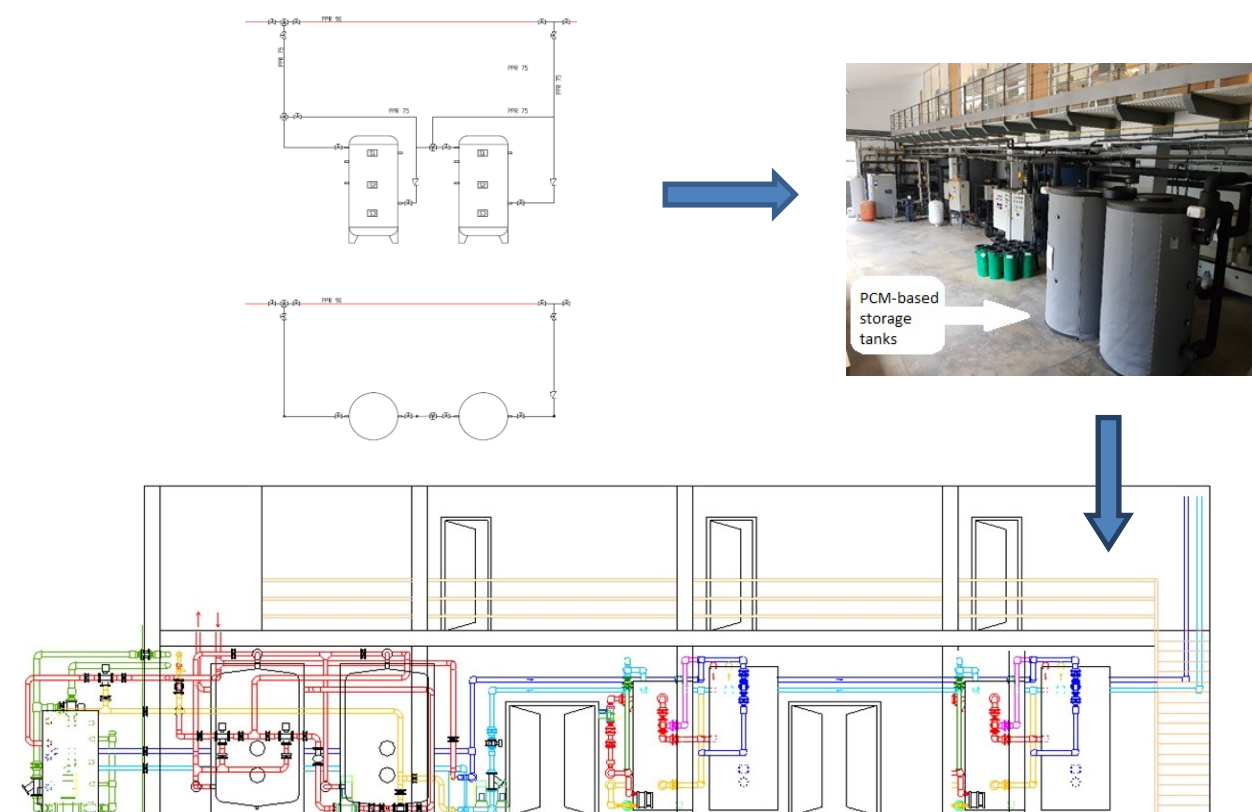


Fig. 2.5.2. Diseño general de los tanques de almacenamiento basados en PCM.

En septiembre de 2018, concluimos el proyecto europeo Recuperación de energía térmica de un nuevo reactor granular de biofiltro por lotes de secuenciación (THERBIOR) financiado por el cofinanciado ERA-NET WaterWorks2014 (01/04 / 2016-30 / 09/2018) y cofinanciado por el Ministerio de Economía y Competitividad de España, número de proyecto PCIN-2015-258. El proyecto involucró a cuatro equipos de investigación, dos de España y uno de Italia y Dinamarca. Cabe señalar que, a pesar del escaso personal del proyecto THERBIOR, todos eran expertos en sus propios campos. En solo dos años y medio, nuestra cooperación transfronteriza condujo al desarrollo, implementación y evaluación del prototipo de calefacción solar híbrida y prototipo de aguas residuales. El objetivo técnico del proyecto era utilizar el calor residual de una planta de tratamiento de aguas residuales en un sistema de refrigeración y calefacción alimentado únicamente por paneles fotovoltaicos. Además, exploramos la posibilidad de utilizar materiales de cambio de fase de baja y alta temperatura para procesos de almacenamiento de energía (calefacción, refrigeración) en el sector turístico. El resultado más significativo de este proyecto ha sido el diseño, implementación y ajuste de un sistema de recuperación de calor que utiliza aguas residuales y su utilización en el control del clima de un laboratorio. Esto ha demostrado que el sistema es viable desde el punto de vista energético, económico y ambiental.

En la línea de investigación de evaluación y predicción del recurso solar se ha trabajado estrechamente con la Universidad de Antofagasta y la Universidad de Chile. En la estancia anteriormente citada el Prof. Batlles colaboró con un trabajo sobre modelización de producción de plantas fotovoltaicas. El miembro postdoctoral Joaquín Alonso-Montesinos tuvo una estancia en la Universidad de Antofagasta, Chile, (septiembre de 2018) y es codirector de la tesis doctoral de mexicana estudiante. En la actualidad se está codirigiendo un tesis doctoral entre la Universidad de Almería y la Universidad de Antofagasta. También se

está trabajando en la influencia del ensuciamiento de los paneles fotovoltaicos en la producción de una planta fotovoltaica. Además, durante 2018 presentamos el estudio relacionado con el pronóstico de la producción de energía de los sistemas fotovoltaicos. La investigación realizada en esta área resultó en una publicación que describió el enfoque seguido para configurar un nuevo método de pronóstico. Se presentó un modelo para pronosticar (con hasta 3 horas de anticipación) la producción de energía del sistema fotovoltaico (BIPV) del edificio con una capacidad de 9.324 kWp, instalada en el techo de CIESOL. Las imágenes satelitales se han combinado con redes neuronales artificiales (ANN) con el objetivo principal de predecir la salida de potencia utilizando el número más bajo de variables de entrada. En este trabajo, los datos reales de un sistema BIPV operativo existente, combinado con la intensidad de radiación incidente global pronosticada de las imágenes satelitales geoestacionarias Meteosat de Segunda Generación, así como el ángulo de elevación solar y el azimut solar, se utilizaron para derivar un modelo del sistema ANN para predecir Salida de potencia BIPV. Para evaluar la precisión del modelo neural, los resultados predichos se compararon estadísticamente utilizando cinco parámetros diferentes: el Error cuadrático medio, el RMSE normalizado, el Error de sesgo medio, el Coeficiente de determinación y el error absoluto promedio. Los resultados en todas las condiciones de los cielos demuestran la precisión de las predicciones de ANN con un error absoluto promedio para todas las condiciones de los cielos de menos de 11 ( $W / m^2$ ) y una desviación prácticamente nula, lo que puede considerarse muy satisfactorio. También señalamos que los estudios futuros en este campo deberían centrarse en el uso de la ANN para mejorar los pronósticos para los horizontes más cortos (0-1 h más adelante, donde obtuvimos la peor precisión). La colaboración con la Universidad de Antofagasta ha permitido publicar un artículo en el que se ha presentado un modelo de Regresión Lineal Múltiple (MLR) para determinar la producción fotovoltaica por hora mediante el uso del factor de relación de rendimiento (PR), según diferentes tecnologías: telururo de cadmio (CdTe) y silicio multicristalino (mc-Si). En este sentido, se estudiaron datos de varias plantas fotovoltaicas en diferentes regiones de Chile: San Pedro de Atacama y Antofagasta. Con este estudio, se ha determinado que el modelo se puede extrapolar a diferentes emplazamientos climatológicos, donde en general, el error cuadrático medio (RMSE) presenta valores inferiores al 16% en todos los casos, obteniendo el mejor resultado la tecnología CdTe. Por otra parte, otro trabajo presentado analiza la influencia del vapor de agua en la pérdida de transmisión atmosférica de la radiación solar entre los heliostatos y el receptor de las plantas de torre de energía solar. Para este propósito, se utiliza un código de transmisión atmosférica (MODTRAN) para generar valores de irradiancia normal directa (DNI) que llegan al espejo y al receptor bajo diferentes geometrías (incluida la posición del sol, la altura de la torre y el rango de inclinación del espejo al receptor) y Condiciones atmosféricas relacionadas con vapor de agua y aerosoles. Estas variables se utilizan luego como entradas a una red neuronal artificial (ANN), que se entrena para calcular la atenuación DNI correspondiente. Se simulan dos escenarios diferentes de aerosoles: una atmósfera ideal libre de aerosoles y una muy diferente que se corresponda con las condiciones semi-nebulosas. El modelo ANN desarrollado puede entonces proporcionar la atenuación DNI en un amplio rango de las variables de entrada consideradas aquí, con una diferencia de la raíz cuadrada media de solo 0.8%. La pérdida de transmisión debida al vapor de agua disminuye con la elevación del sol. Esto se explica por el efecto de saturación en la irradiancia incidente en el espejo. La simplicidad y precisión del algoritmo son sus grandes fortalezas, lo que permite su inclusión anticipada en los códigos de simulación de energía reales que se utilizan actualmente para el diseño de plantas de torres solares. También hemos colaborado en la creación de un sistema para medir la extinción atmosférica. El objetivo de este trabajo fue presentar la descripción de un nuevo sistema de medición de la extinción solar a nivel del suelo basado en dos cámaras digitales y un objetivo de Lambert. Los primeros resultados experimentales muestran que el sistema puede medir la extinción solar en el ancho de banda 400-1000 nm con una precisión de menos de un  $\pm 2\%$ . Este sistema de medición se está ejecutando a diario en la Plataforma Solar de Almería.

### 2.5.5 Colaboración con otras Unidades Funcionales de CIESOL durante 2018

Durante 2018, la unidad funcional de evaluación de recursos solares y refrigeración solar colaboró con la unidad funcional de modelado y control, dirigida por el profesor Manuel Berenguel Soria, con el objetivo principal de actualizar el control del sistema de aire acondicionado asistido por energía solar instalado actualmente en el edificio CIESOL.

### 2.5.6 Recursos humanos de la Unidad Funcional incluyendo la incorporación de nuevo personal: becas, contratos pre y post doctorales

Durante 2018 se han incorporado un investigador posdoctoral. Además, el grupo ha recibido la visita de 2 estudiantes de doctorado, uno de la Universidad de Antofagasta (Chile) y otro de la Universidad Nacional Autónoma de México (México) por un periodo de 3 meses cada uno. También ha comenzado sus tareas de TFG un estudiante del grado en Ingeniería Eléctrica.

### 2.5.7 Producción Científica

#### Artículos

- Muñoz I, Rosiek S, Portillo F, Batlles F J, Martínez-Del-Río J, Acasuso I, Piergrossi V, De Sanctis M, Chimienti S, Di Iaconi C. Prospective environmental and economic assessment of solar-assisted thermal energy recovery from wastewater through a sequencing batch biofilter granular reactor. *Journal of Cleaner Production*, 2018, 212, 1300-1309.
- Rosiek, S., Alonso-Montesinos, J., Batlles, F.J. Online 3-h forecasting of the power output from a BIP using satellite observations and ANN. *Electrical Power and Energy System*, 2018, 99, 261-272, doi:10.1016/j.ijpes.2018.025.
- Rosiek, S. Exergy analysis of a solar-assisted air-conditioning system: Case study in southern Spain. *Applied Thermal Engineering*, 2019, 148, 806-816.
- Rosiek, S., Romero-Cano, M.S., Puertas, A., Batlles, F.J. Industrial food chamber cooling and power system integrated with renewable energy as an example of power grid sustainability improvement. *Renewable Energy*, 2018, 138, 697-708.
- López, G., Gueymard, C.A., Bosch, J.L., Rapp-Arrarás, I., Alonso-Montesinos, J., Pulido-Calvo, I., Ballestrín, J., Polo, J., Barbero, J. Modeling water vapor impacts on the solar irradiance reaching the receiver of a solar tower plant by means of artificial neural networks (2018) *Solar Energy*, 169, pp. 34-39.
- Ballestrín, J., Monterreal, R., Carra, M.E., Fernández-Reche, J., Polo, J., Enrique, R., Rodríguez, J., Casanova, M., Barbero, F.J., Alonso-Montesinos, J., López, G., Bosch, J.L., Batlles, F.J., Marzo, A. Solar extinction measurement system based on digital cameras. Application to solar tower plants (2018) *Renewable Energy*, 125, pp. 648-654.
- Marzo, A., Ferrada, P., Beiza, F., Besson, P., Alonso-Montesinos, J., Ballestrín, J., Román, R., Portillo, C., Escobar, R., Fuentealba, E. Standard or local solar spectrum? Implications for solar technologies studies in the Atacama Desert (2018) *Renewable Energy*, 127, pp. 871-882.
- Barbero, J., Alonso-Montesinos, J., Batlles, F.J., Polo, J., López, G., Bosch, J.L., Ballestrín, J., Carra, M.E., Fernández-Reche, J. Evolution of the aerosol extinction coefficient at 100 m above ground during an episode of Saharan dust intrusion as derived from data registered by a ceilometer in Almería (SE Spain) (2018) *AIP Conference Proceedings*, 2033, art. no. 190002.
- Marzo, A., Polo, J., Wilbert, S., Gueymard, C.A., Jessen, W., Ferrada, P., Alonso-Montesinos, J., Ballestrín, J. Sunbelt spectra comparison with standard ASTM G173: The Chilean case (2018) *AIP Proceedings*, 2033, art. no. 190010.

- Polo, J., Alonso-Montesinos, J., López-Rodríguez, G., Ballestrín, J., Bosch, J.L., Barbero, J., Carra, E., Fernández-Reche, J., Batlles, F.J. Modelling atmospheric attenuation at different AOD time-scales in yield performance of solar tower plants (2018) AIP Conference Proceedings, 2033, art. no. 190013.
- López, G., Gueymard, C.A., Bosch, J.L., Alonso-Montesinos, J., Rapp-Arrarás, I., Polo, J., Ballestrín, J., Barbero, J., Caro-Parrado, M.J., Batlles, F.J. Estimation of visibility from spectral irradiance using artificial neural networks (2018) AIP Conference Proceedings, 2033, art. no. 040023.

### **Congresos**

- XVI Congreso Ibérico y XII Congreso Iberoamericano de Energía Solar, CIES 2018, Madrid 20 a 22 Junio de 2018.
- IV International Symposium of Science Teaching (SIEC 2018), julio 2018.
- Jornadas de Innovación Docente y Experiencias Profesionales en la Universidad de Almería, septiembre 2018.
- Congress EuroSun 2018. 10-13 September (2018), Rapperswil (Switzerland).

### **Contribuciones a congresos**

- Measurement procedure for Phase Change Material's durability characterization. Congress EuroSun 2018. 10-13 September (2018), Rapperswil (Switzerland).
- Reuse of the recovered heat from a wastewater treatment plant in the solar-assisted air-conditioning systems: "THERBIOR" project". EuroSun Congress 2018. 10-13 September (2018), Rapperswil (Switzerland).
- Simulations and experiments of freezing and melting of encapsulated Phase Change Materials. EuroSun Congress 2018. 10-13 September (2018), Rapperswil (Switzerland).
- A first approach of the influence of the forecasting horizon in the electricity generation simulation of a solar tower plant. 12th International Conference on Solar Energy for Buildings and Industry (EUROSUN 2018), Rapperswil, Switzerland, 10-13 septiembre 2018.
- Pv power production estimation by using radiometric and meteorological data. 12th International Conference on Solar Energy for Buildings and Industry (EUROSUN 2018), Rapperswil, Switzerland, 10-13 septiembre 2018.
- Solar irradiance narrowband measurement validation by using broadband measurements. 12th International Conference on Solar Energy for Buildings and Industry (EUROSUN 2018), Rapperswil, Switzerland, 10-13 septiembre 2018.
- Determinación de la atenuación atmosférica utilizando una cámara digital de bajo coste: aplicación en plantas solares de torre central. XVI Congreso Ibérico y XII Congreso Iberoamericano de Energía Solar, CIES 2018, Madrid 20 a 22 Junio de 2018.
- Evaluación experimental de modelos de atenuación atmosférica para plantas solares de receptor centra. XVI Congreso Ibérico y XII Congreso Iberoamericano de Energía Solar, CIES 2018, Madrid 20 a 22 Junio de 2018.
- Evaluación Experimental de Modelos de Atenuación Atmosférica para Plantas Solares de Receptor Central. XVI Congreso Ibérico y XII Congreso Iberoamericano de Energía Solar, CIES 2018, Madrid 20 a 22 Junio de 2018.
- Caracterización y modelización del Efecto del Soiling para la Predicción de la Producción Fotovoltaica con Imágenes de Satélite y Cámaras de Cielo. XVI Congreso Ibérico y XII Congreso Iberoamericano de Energía Solar, CIES 2018, Madrid 20 a 22 Junio de 2018.

- Estimación de la producción eléctrica de una planta fotovoltaica utilizando modelos estadísticos y redes neuronales artificiales: comparación de los resultados. XVI Congreso Ibérico y XII Congreso Iberoamericano de Energía Solar, CIES 2018, Madrid 20 a 22 Junio de 2018.
- Mapa conceptual para el aprendizaje de contenidos específicos sobre evaluación del recurso solar en plantas de receptor central en estudios de ciencias e ingeniería. XVI Congreso Ibérico y XII Congreso Iberoamericano de Energía Solar, CIES 2018, Madrid 20 a 22 Junio de 2018.
- Energías renovables en el aula: principios, conocimiento y buenas prácticas. IV International Symposium of Science Teaching (SIEC 2018), julio 2018.
- Desarrollo de prácticas de laboratorio y mapas conceptuales como herramientas para la docencia sobre energías renovables en los estudios de Ciencias e Ingeniería. Jornadas de Innovación Docente y Experiencias Profesionales en la Universidad de Almería, septiembre 2018.

### 2.5.8 Miembros del la unidad

**Francisco Javier Batlles Garrido**



Profesor Titular de Universidad  
UAL  
fbatlles@ual.es (+34) 950 015 914  
www.tep165.com

**Francisco Javier Barbero Francisco**



Profesor Titular de Universidad  
UAL  
jbarbero@ual.es (+34) 950 015 307  
www.tep165.com

**Sabina Rosiek**



Doctora  
UAL

**Mercedes Martínez Durbán**



Profesor Titular de Universidad  
UAL

**Joaquín Alonso Montesinos**



Doctor contratado  
UAL

**Antonio Manuel Puertas López**



Profesor Titular de Universidad  
UAL

**Manuel Servando Romero Cano**



Profesor Titular de Universidad  
UAL



## 2.5.9 Proyectos vigentes durante 2018

### 2.5.9.1 Recuperación de energía de una planta piloto de reactor batch secuencial de biofiltro granular (THERBIOR)

**Participantes:**

Universidad de Almería, Centro de Investigación IRSA-CNR(Italia), Hederahelix (empresa española) y Lcaconsultants (eempresadanesa).

**Investigador Principal:**

Francisco Javier Batlles Garrido.

**Contactos:**

F.J. Batlles (fbatlles@ual.es).

**Importe concedido:**

1.912.000 €

**Fuente de financiación:**

Comisión Europea (ERA-NET Cofund WaterWorks2014 Call, Water JPI), MINECO (Ref. PCIN-2015-258)

**Duración prevista:**

Abril 2016 – Septiembre 2018

**Situación:**

Finalizado

**Página web:**

[www2.ual.es/therbior](http://www2.ual.es/therbior)

**Resumen:**

THERBIOR se centra en el desarrollo, aplicación y difusión de tecnologías para mejorar la eficiencia energética en plantas de tratamiento de aguas residuales utilizando una bomba de calor (HP) asistida con energía solar, sistema híbrido, aplicable para toda Europa, pero con especial interés en países de la región mediterránea. El objetivo del proyecto THERBIOR es proporcionar una solución para el sector turístico, que se caracteriza por una intensa demanda de agua así como una gran producción de aguas residuales. La integración de los paneles fotovoltaicos (PV) y de la HP en el sistema pionero Sequencing Batch Biofilter Granular Reactor (SBBGR) va a suponer un gran valor añadido a la reutilización de aguas residuales. Esta tecnología va contribuir a mejorar la gestión de las aguas residuales, dando a las personas un mayor acceso al agua potable, y contribuir así a mejorar el bienestar social a través de una mayor calidad de vida como consecuencia de una mejora en la calidad del agua. Los problemas derivados del cambio climático así como los debidos al agotamiento de los recursos naturales y la escasez del agua van a suponer en un futuro un grave impacto, tanto medioambiental como socioeconómico. Los cambios globales actuales (tales como el cambio climático y la expansión urbana) requieren prácticas innovadoras para minimizar los riesgos asociados con la distribución del agua así como las instalaciones de almacenamiento de agua en zonas urbanas. En consecuencia es necesario realizar grandes esfuerzos para fomentar la participación pública y concienciar a la sociedad sobre la responsabilidad de hacer un uso racional del agua y la energía, especialmente con los recursos del agua dulce, y adaptarse a las amenazas antes mencionadas. La industria del agua necesita tecnologías innovadoras para desarrollar productos y servicios de abastecimiento de agua, que mejoraran la economía europea. El proyecto desarrollará un sistema de recuperación de energía de la mencionada planta SBBGR, implementando una bomba de calor que utiliza energía solar como fuente de energía primaria. El calor almacenado en uno de los tanques de la planta SBBGR, se va a utilizar para un sistema de climatización y agua caliente sanitaria de un caseta de ensayos, desarrollándose así un sistema totalmente innovador. Una vez desarrollada y puesta en marcha la instalación se va realizar un estudio de viabilidad para su incorporación a la red de instalaciones turísticas de las ciudades Almería y Bari que forman el consorcio. Nuestro principal objetivo es evaluar la cantidad de energía que podemos obtener de las aguas residuales urbanas y cuantificar la reducción de energía fósil necesaria para los sistemas de climatización de los edificios turísticos de las ciudades estudiadas. El proyecto también tiene la intención de crear nuevas oportunidades de negocio, en particular mediante el apoyo a la participación de las PYMES, tanto en lo que se refiera al abastecimiento de agua como la utilización de la energía solar. THERBIOR es un consorcio de 4 organizaciones europeas de España, Italia y Dinamarca,

que combinan una amplia experiencia técnica, institucional y empresarial. THERBIOR pretende reunir especialistas altamente cualificados con el fin de apoyar y promover una solución tecnológica innovadora para mejorar la eficiencia de los procesos de tratamiento de aguas residuales urbanas haciendo especial énfasis en la aplicación del modelo desarrollado en el marco de la Unión Europea.

**Objetivo:**

- Evaluar la cantidad de energía que podemos obtener de las aguas residuales urbanas y cuantificar la reducción de energía fósil necesaria para los sistemas de climatización de los edificios turísticos de las ciudades estudiadas.

**2.5.9.2. Predicción de la radiación solar en el receptor de una planta termosolar de torre central (PRESOL).****Participantes:**

Universidad de Almería, Universidad de Huelva y CIEMAT.

**Investigador Principal:**

Francisco Javier Batlles Garrido

**Contactos:**

F.J. Batlles (fbatlles@ual.es).

**Importe concedido:**

300.000 €

**Fuente de financiación:**

Ministerio de Economía y Competitividad.

**Duración prevista:**

Enero 2015 – Julio 2018

**Situación:**

Finalizado

**Resumen:**

La predicción de la irradiancia solar directa (DNI) es un tema de investigación de creciente interés en campos como agricultura o la producción de potencia solar. La producción de electricidad a partir de Centrales solares de Receptor Central (CRC), para las que la DNI es una entrada crítica, experimenta un crecimiento vertiginoso a nivel mundial. Esta tecnología será una de las que contribuya de forma más significativa al futuro puzzle de energías renovables. El mayor reto que plantean estas grandes instalaciones solares es su integración en las redes de distribución de energía. Para ello, el conocimiento de predicciones precisas de los niveles de DNI en el receptor es crucial, influyendo no sólo en el funcionamiento de la planta, sino en el propio mercado de precios.

La nubosidad es la principal fuente de variabilidad de la DNI en el campo de heliostatos. En caso de que la radiación solar no sea interceptada por las nubes, los aerosoles son el constituyente atmosférico que mayor variabilidad introduce en la DNI. Las CRC suelen estar en zonas áridas o semiáridas, con un elevado porcentaje de cielos despejados y mayor frecuencia de episodios de elevada turbiedad. La necesidad de su predicción resulta así vital. No obstante, ninguna de las técnicas de predicción, a corto o medio plazo, proporcionan explícitamente la DNI en superficie. Por otra parte, los aerosoles de las capas más bajas de la atmósfera pueden reducir hasta un 40% la potencia solar que llega al receptor, reflejada por los heliostatos. Aunque la atenuación real es un campo actualmente desconocido, es altamente demandado. Los códigos de diseño de las CRC (HLFCAL o SolTRACE) no pueden reproducir tales efectos.

**Objetivo**

Predecir a corto plazo PREDECIR A CORTO PLAZO la DNI que alcanza el receptor de una CRC. Para ello se plantea predecir la DNI que alcanza la superficie, y desarrollar técnicas para determinar y predecir la atenuación de la radiación solar reflejada por el campo de heliostatos en su camino hasta el receptor.

### 2.5.9.3. Thermal energy storage with phase change materials for solar cooling and Heating Applications: A technology viability analysis (PCMSOL)

**Participantes:**

Universidad de Almería, Universidad de Antofagasta (Chile), Universidad Politécnica de Wrocław (Polonia), Universidad de Cochabamba (Bolivia), y la empresa Phase Change Technologies, S.L. (española).

**Investigador Principal:**

Antonio M. Puertas (apuestas@ual.es)

**Importe total financiado:**

300.936 euros

**Fuente de financiación:**

Comisión Europea (ERANET-LAC Joint call 2015-2016), MINECO (Ref. PCIN-2016-013)

**Duración prevista:**

Diciembre 2016 – Diciembre 2019

**Situación:**

En curso

**Resumen:**

El proyecto PCMSOL es un proyecto coordinado con la Universidad de Antofagasta (Chile), Universidad Politécnica de Wrocław (Polonia), Universidad de Cochabamba (Bolivia), y la empresa Phase Change Technologies, S.L. En el proyecto se pretenden desarrollar y testear nuevos materiales de cambio de fase para el almacenamiento térmico de un sistema de climatización basado en energía solar. Debido al desfase entre las horas de sol y los picos de demanda, en este tipo de tecnología se requiere el almacenamiento de la energía. En nuestro caso, almacenamos energía térmica utilizando materiales que tienen el cambio de fase líquido-sólido en el rango de temperaturas apropiado para el almacenamiento térmico: unos 50°C para el modo de invierno, y unos 5°C para el modo de verano. En este proyecto se pretende en primer lugar estudiar diferentes materiales que puedan ser usados para esta aplicación. Una vez caracterizado el material, mediante técnicas de simulación numérica, se está estudiando la cinética de fusión del material para modelar el sistema de almacenamiento requerido para un edificio modelo. Finalmente, se ensayarán tanques de almacenamiento en el CIESOL, para estudiar la viabilidad del almacenamiento térmico mediante materiales de cambio de fase.

**Objetivo:**

Desarrollar un sistema de almacenamiento térmico basado en materiales de cambio de fase.

### 2.5.9.4. Predicción a corto plazo de la producción de energía en una planta fotovoltaica e influencia de ensuciamiento de los paneles en la producción de la misma (PVCastSOIL)

**Participantes:**

Universidad de Almería, Universidad de Huelva y CIEMAT.

**Investigador Principal:**

Francisco Javier Batlles Garrido

**Contactos:**

F.J. Batlles (fbatlles@ual.es).

**Importe concedido:**

442.049,30 €

**Fuente de financiación:**

Ministerio de Economía y Competitividad.

**Duración prevista:**

Enero 2018 – Diciembre 2020

**Situación:**

En curso.

**Resumen:**

La energía solar fotovoltaica (FV) es la tecnología para la generación eléctrica que presenta un mayor crecimiento desde el año 2002, experimentando un incremento medio anual del 48%. La predicción del

recurso solar para una planta FV, conectada a la red, es absolutamente necesaria para asegurar una captura y transformación óptima de la energía solar disponible y una producción confiable de potencia. El desarrollo de métodos de predicción a corto plazo de la producción de las plantas es particularmente importante debido a su creciente incorporación a las redes eléctricas y a la variabilidad del recurso solar, debido principalmente al los fenómenos transitorios originados por la alternancia de nubes y claros.

La acumulación de suciedad en la superficie de los módulos fotovoltaicos tiene un impacto notable en la producción de una instalación fotovoltaica. Este fenómeno, más conocido por el término anglosajón "soiling" está íntimamente relacionado con el ángulo de inclinación del panel y las condiciones meteorológicas, como son la cantidad de aerosoles presentes en la atmósfera, humedad relativa, velocidad y dirección del viento y precipitación.

### **Objetivo**

El objetivo fundamental del presente proyecto es desarrollar una metodología capaz de predecir a corto plazo, de una a tres horas, la producción de una planta fotovoltaica, incluyendo las pérdidas por soiling. Dicha metodología está basada en tratamiento de imágenes y técnicas de aprendizaje supervisado, como son las Redes Neuronales Artificiales.

#### **2.5.10 Participación en Redes durante 2018**

#### **2.5.11 Transferencia y Actividades Complementarias**

- Estancia Francisco Javier Batlles en la Universidad de Antofagasta (noviembre 2018).
- Estancia Joaquín Alonso en la Universidad de Antofagasta (septiembre 2018).

#### **2.5.12 Actividades de Difusión**

#### **2.5.13 Proyectos solicitados durante 2018**

Junta de Andalucía, Consejería de Conocimiento, Investigación y Universidad, Low Carbon Solution for sustainable food preservation system (SMARTcold), Universidad de Almería, Total budget: 394.400,00€

#### **2.5.14 Otros**

Proyecto de Innovación Docente Universidad de Almería "Recursos renovables". Responsable: Manuel Pérez García. Participantes: Francisco Javier Batlles Garrido y Joaquín Alonso Montesinos.

Participación en las Jornadas De Innovación Docente de La Universidad De Almería. Curso 2018-19, celebradas el día 19 de septiembre de 2018, con una duración de 5 horas y organizadas por el Vicerrectorado de Enseñanzas Oficiales y Formación Continua de la Universidad de Almería. Asistencia. Póster presentado. Título: Desarrollo de prácticas de laboratorio y mapas conceptuales como herramienta para la docencia sobre energías renovables en los estudios de Ciencias e Ingeniería.

## 2.6 ACTIVIDADES EN “DESALACIÓN Y FOTOSÍNTESIS”

### 2.6.1 Descripción de la unidad

El grupo de Desalación y fotosíntesis está conformado por investigadores del departamento de Ingeniería de la Universidad de Almería así como de la Plataforma Solar de Almería. Recientemente se ha creado el grupo PAI “Desalación y Fotosíntesis (BIO352)” por los miembros de la unidad. Otros investigadores de esta unidad también pertenecen a los grupos de investigación “Ingeniería de bioprocesos y tecnologías del agua, BIO263”, “Biotecnología de microalgas marinas, BIO173”, y la Plataforma Solar de Almería. La unidad funcional se conformó como tal en 2014 y ha comenzado su desarrollo con la instalación de nuevas infraestructuras y la integración en el equipo de diversos investigadores con actividad en campos comunes relacionados con la energía solar ya sea para desalación de agua mediante membranas usando la energía solar o la utilización de la energía solar en procesos biológicos de depuración empleando microalgas. Estas líneas presentan puntos en común con otros grupos de CIESOL con los que se mantiene una estrecha colaboración.

### 2.6.2 Líneas estratégicas del grupo

El grupo desarrolla dos líneas de trabajo, ambas relacionadas en el uso de la energía solar, ya sea para la desalación y tratamiento de agua mediante sistemas con membranas o para la producción de microalgas y productos de interés. En ambos casos se emplea habitualmente agua de mar como materia de partida, aunque los procesos pueden extenderse al uso de aguas de diversas calidades, desde agua dulce a salmueras concentradas. Las líneas estratégicas de actuación son:

- Desarrollo de sistemas basados en membranas para desalación solar y tratamiento de efluentes.
- Aplicación de energía solar al tratamiento de medios hipersalinos
- Recuperación de compuestos de interés de salmueras y efluentes concentrados
- Desarrollo de fotobiorreactores para la producción de microalgas
- Aplicaciones de las microalgas en tratamiento de efluentes
- Obtención de productos de valor a partir de microalgas.

### 2.6.3 Investigadores principales del grupo

**Jose M. Fernández Sevilla** (Scopus Author 6602856181)

Profesor Titular de Universidad. Departamento de Ingeniería. Químico Industrial (1991) por la Universidad de Granada, Doctor en Ciencias Químicas (1995) por la Universidad de Almería. Ha participado en doce proyectos de I+D de ámbito nacional e internacional, liderando tres de ellos, así como en quince contratos con empresas. Ha dirigido cinco tesis doctorales en el campo de la biotecnología de microalgas, y es coautor de siete patentes y una centena de publicaciones científicas en revistas internacionales.

**Guillermo Zaragoza del Águila** (Scopus Author 6701505211)

Científico contratado del CIEMAT. Departamento Unidad de Desalación Solar (Plataforma Solar de Almería) desde 2009. Astrofísico (1991) por la Universidad Complutense de Madrid, Doctor en Ciencias Físicas (1996) por la Universidad de Granada. Previamente ha realizado su investigación en el Instituto de Astrofísica de Andalucía (Consejo Superior de Investigaciones Científicas), la Universidad de Oxford y la Estación Experimental “Las Palmerillas” de la Fundación Cajamar, donde se encargó de la aplicación de energías renovables a los invernaderos y la desalación. Ha publicado más de 80 artículos en revistas internacionales, ha presentado más de 120 contribuciones en conferencias internacionales, es autor de 8 capítulos de libros

y es coautor de 4 libros. Enseña en cursos internacionales sobre desalinización solar organizados por la Sociedad Europea de Desalinización (EDS) y en el Curso de Máster sobre Energía Solar organizado por CIESOL. Es director de la junta directiva de la EDS y actualmente coordina el Grupo de Acción para la Desalinización de Energía Renovable de la European Innovation Partnership on Water de la Comisión Europea, así como el Grupo de Trabajo sobre el mismo tema en la Plataforma Europea del Agua WssTP.

#### **2.6.4 Resumen de la actividad desarrollada en CIESOL durante 2018**

En la línea de producción de microalgas durante 2018, después de la finalización del proyecto PURALGA la actividad se centró en el tratamiento de aguas residuales de la industria ganadera con un nuevo proyecto llamado PURASOL / GEENFARM comenzó a tratar también el tratamiento de purinas animales a través de microalgas. Este es un proyecto coordinado liderado por la Universidad de Valladolid y trabajará para resolver ciertos problemas que surgieron durante el desarrollo del proyecto anterior PURALGA. Además, en 2018 también se inició un nuevo proyecto centrado en la producción de bioplaguicidas para microalgas / cianobacterias llamado ALGA4CONTROL.

Además, durante 2017 continuamos con contratos relacionados con el desarrollo de tratamientos para la actualización de biogás a biometano mediante métodos biológicos como el proyecto (i) GREENUPGAS coordinado por Estrella Levante y (ii) el proyecto METINGREEN liderado por Sacyr y Biorizon Biotech . Además, (iii) el contrato SETEC se ha desarrollado en colaboración con la empresa SETEC en Francia, centrado en el desarrollo de un proceso biológico para la producción de biopolímeros a partir de gases de combustión con microalgas, (iv) el contrato BIOREFINA coordinado por AZUD y centrado en la recuperación de residuos agrícolas a través de sistemas de digestión anaerobia y microalgas, y (v) el proyecto europeo SABANA dirigido por la Universidad de Almería y centrado en la implementación de una planta de demostración para la producción de microalgas para aplicaciones agrícolas y acuícolas en Almería. En todo el trabajo en estos proyectos se continúa con la implementación de nuevos procesos basados en microalgas, especialmente para aplicaciones de grandes mercados, como biopolímeros, biofertilizantes y piensos para acuicultura, especialmente con el tratamiento de aguas residuales de origen urbano y / o ganadero. También vale la pena mencionar la apertura de una nueva línea de trabajo a pedido de algunas empresas interesadas, como el tratamiento del biogás al biometano, especialmente por métodos biológicos que utilizan microalgas.

Con respecto a las actividades y los resultados del proyecto RED Heat-to-Power, durante 2018 se construyó un sitio de prueba en PSA para evaluar la combinación de una pila de electrodiálisis inversa con una tecnología avanzada de destilación de membrana para regenerar el gradiente de salinidad. Los resultados alcanzaron una eficiencia de calor récord en el proceso de MD (menos de 50 kWh de energía térmica consumida por m3 del destilado producido) mediante el uso de una configuración de espacio de aire de vacío con módulos de múltiples envolturas en espiral. Este diseño se usó posteriormente en la planta piloto que se construyó en las instalaciones de Fujifilm en Tilburg (Países Bajos) y actualmente está en fase de demostración. Como parte del proyecto REWACEM, las actividades continuaron con la construcción de los componentes de la planta piloto que se instalarán en las instalaciones de la empresa Electroníquel en Gijón. El objetivo es evaluar una combinación de diálisis por difusión y destilación de membrana para recuperar el ácido sulfúrico y el cobre de los baños agotados de los procesos de recubrimiento de cobre y, por otro lado, reducir el consumo de agua de enjuague reutilizándola después del tratamiento. Proyecto El proyecto Zero Carbon Resorts (ZCR2) finalizó en 2018 con la publicación de más resultados sobre la evaluación de módulos de destilación de membrana comerciales para desalinización de agua de mar. Las actividades del proyecto nacional EFFERDESAL, subproyecto del proyecto coordinado ENERPRO, cuyo objetivo principal es el análisis, diseño y aplicación de técnicas de modelado, control y optimización para la gestión eficiente de la energía, el agua y la generación de CO<sub>2</sub> en los sistemas productivos, también han finalizado durante

2018 Entre las actividades más importantes durante este año están la mejora de los modelos estáticos y dinámicos para los campos de colectores solares de placa plana, el desarrollo de nuevos modelos basados en redes neuronales para procesos de destilación de membrana y el desarrollo de nuevas estrategias de control de variables múltiples e híbridas para energía solar. Destilación También se han concluido las actividades de investigación para la identificación de las mejores condiciones operativas para las plantas MED-DEAHP, la evaluación tecnoeconómica de las configuraciones fotovoltaicas RO + CSP y RO + y la caracterización experimental del equilibrio de la planta para sistemas de colectores solares parabólicos de pequeña apertura. Durante el último año del proyecto. Las actividades del proyecto europeo INSHIP (Integración de agendas nacionales de investigación sobre calor solar para procesos industriales) continuaron con la evaluación de módulos pre-comerciales de destilación de membrana para su aplicación en el tratamiento de aguas residuales industriales y agrícolas. En el mismo proyecto hay planes para estudiar la viabilidad de la tecnología de colector solar para el secado de microalgas. Durante 2018, Plataforma Solar de Almería continuó trabajando en conjunto en el proyecto WASCOP con la compañía francesa Hamon d'Hondt y la Universidad de Cranfield en el diseño de un circuito de prueba para caracterizar los sistemas de refrigeración híbridos y su comparación con los sistemas convencionales. Todos los equipos e instrumentos han sido comprados y recibidos en las instalaciones de PSA. Asimismo, durante 2018, los investigadores de la Unidad de Desalinización de PSA encargaron llevar a cabo la ingeniería detallada y el ensamblaje mecánico del bucle de prueba, que está previsto que esté listo para la prueba a finales de marzo de 2019.

En 2018, se aprobó un nuevo proyecto H2020 llamado SOLWATT (Solución de problemas de agua para plantas de energía solar concentrada). Está coordinado por la empresa española TSK y el objetivo general del proyecto es ampliar, implementar y demostrar tecnologías y estrategias rentables que produzcan una reducción significativa del agua de las plantas de CSP al tiempo que garantizan un excelente rendimiento de la producción de energía eléctrica. El equipo de Plataforma Solar de Almería participa en el diseño de una unidad de evaporador de efectos múltiples (MEE) que se instalará en una planta de CSP real (la planta de CSP La Africana ubicada en Córdoba, España), que tratará el agua desde diferentes puntos del La planta de CSP se recuperará y se volverá a introducir en la planta de CSP. Nuestra actividad principal es el modelado, la optimización y el control de la unidad MEE con el objetivo de encontrar las condiciones óptimas de operación del sistema de acuerdo con los criterios energéticos y exergéticos.

#### **2.6.5 Colaboración con otras Unidades Funcionales de CIESOL durante 2018**

Durante 2018 hemos colaborado con la Unidad Funcional "Modelado y control", en el modelado del funcionamiento de las plantas de destilación de membrana solar, lo que dio como resultado varias publicaciones científicas. También estamos colaborando con la Unidad Funcional "Regeneración del agua" en la dilucidación de los procesos de estabilización de la biomasa de microalgas y la caracterización de las propiedades reológicas de los lodos desde la etapa de recolección.

#### **2.6.6 Recursos humanos de la Unidad Funcional incluyendo la incorporación de nuevo personal: becas, contratos pre y post doctorales**

La unidad de Desalinización y Fotosíntesis está formada actualmente por 11 investigadores de la PSA-CIEMAT y la UAL.

Durante 2018 se han producido dos bajas y no se ha producido ninguna incorporación.



### 2.6.7 Producción científica

#### Artículos

- Ruiz-Aguirre, A., J.A. Andrés-Mañas, J.M. Fernández-Sevilla, G. Zaragoza. Experimental characterization and optimization of multi-channel spiral wound air gap membrane distillation modules for seawater desalination. *Separation and Purification Technology* (2018) 205, 212-222. <https://doi.org/10.1016/j.seppur.2018.05.044>
- Andrés-Mañas, J.A., A. Ruiz-Aguirre, F.G. Acién, G. Zaragoza. Assessment of a pilot system for seawater desalination based on vacuum multi-effect membrane distillation with enhanced heat recovery. *Desalination* (2018) 443, 110-121. <https://doi.org/10.1016/j.desal.2018.05.025>
- Gil, J.D., L. Roca, A. Ruiz-Aguirre, G. Zaragoza, M. Berenguel. Optimal Operation of a Solar Membrane Distillation Pilot Plant via Nonlinear Model Predictive Control. *Computers & Chemical Engineering* (2018) 109, 151-165. <https://doi.org/10.1016/j.compchemeng.2017.11.012>
- Gil, J.D., L. Roca, G. Zaragoza, M. Berenguel. A feedback control system with reference governor for a solar membrane distillation pilot facility. *Renewable Energy* (2018) 120, 536-549. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2017.12.107>
- Altaee, G. Zaragoza, G.J. Millar, A.O. Sharif, A.A. Alanezi. Limitations of Osmotic Gradient Resource and Hydraulic Pressure on the Efficiency of Dual Stage PRO Process. *Desalination and Water Treatment* (2018) 105, 11-22. doi: 10.5004/dwt.2018.22128
- Gil, J.D., A. Ruiz-Aguirre, L. Roca, G. Zaragoza, M. Berenguel. Prediction models to analyse the performance of a commercial-scale membrane distillation unit for desalting brines from RO Plants. *Desalination* (2018) 445, 15-28. <https://doi.org/10.1016/j.desal.2018.07.022>
- Zaragoza, G., J.A. Andrés-Mañas, A. Ruiz-Aguirre. Commercial scale membrane distillation for solar desalination. *npj Clean Water* (2018) 1, 20. <https://doi.org/10.1038/s41545-018-0020-z>
- Palenzuela, P., M. Micari, B. Ortega-Delgado, F. Giacalone, G. Zaragoza, D.-C. Alarcón-Padilla, A. Cipollina, A. Tamburini and G. Micale. Performance Analysis of a RED-MED Salinity Gradient Heat Engine. *Energies* (2018) 11(12): 3385. DOI: 10.3390/en11123385
- Laissaoui, M., P. Palenzuela, M.A. Sharaf Eldean, D. Nehari, D.C. Alarcón-Padilla. Techno-economic analysis of a stand-alone solar desalination plant at variable load conditions. *Applied Thermal Engineering* (2018) 659-670. DOI: 10.1016/j.applthermaleng.2018.01.074.
- Chorak, A., P. Palenzuela, D.C. Alarcón-Padilla, A.B. Abdellah. Energetic evaluation of a double-effect LiBr-H<sub>2</sub>O absorption heat pump coupled to a multi-effect distillation plant at nominal and off-design conditions. *Applied Thermal Engineering* (2018) 543-554. DOI: 10.1016/j.applthermaleng.2018.07.014.
- Palenzuela, P., S. Miralles-Cuevas, A. Cabrera-Reina, L. Cornejo-Ponce. Techno-economic assessment of a multi-effect distillation plant installed for the production of irrigation water in Arica (Chile). *Science of the Total Environment* (2018) 423-434. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2018.06.183.
- Carballo, J.A., J. Bonilla, L. Roca, A. De la Calle, P. Palenzuela, D.C. Alarcón-Padilla. Optimal operating conditions analysis for a multi-effect distillation plant according to energetic and exergetic criteria. *Desalination* (2018) 70-76. DOI: 10.1016/j.desal.2017.12.013.
- Ortega-Delgado, B., P. Palenzuela, D.C. Alarcón-Padilla, L. García-Rodríguez. Yearly simulations of the Electricity and Fresh Water Production in PT-CSP+MED-TVC Plants: Case Study in Almería. *AIP Conference Proceedings* (2018) 2033, 160004. DOI: 10.1063/1.5067163.
- Kosmadakis, G., Papapetrou, M., Ortega-Delgado, B., Cipollina, A., Alarcón-Padilla, D.-C. Correlations for estimating the specific capital cost of multi-effect distillation plants considering the



main design trends and operation conditions. *Desalination* (2018) 74-83. DOI: 10.1016/j.desal.2018.09.011.

- Leiva-Illanes, R., Escobar, R., Cardemil, J.M., Alarcón-Padilla, D.-C. Comparison of the levelized cost and thermoeconomic methodologies - Cost allocation in a solar polygeneration plant to produce power, desalted water, cooling and process heat. *Energy Conversion and Management* (2018), 168, 215-229. DOI: 10.1016/j.enconman.2018.04.107
- Romero-Villegas, G.I., Fiamengo, M., Acién-Fernández, F.G., Molina-Grima, E. Utilization of centrate for the outdoor production of marine microalgae at the pilot-scale in raceway photobioreactors (2018) *Journal of Environmental Management*, 228, pp. 506-516. DOI: 10.1016/j.jenvman.2018.08.020
- Fernández-Sevilla, J.M., Brindley, C., Jiménez-Ruiz, N., Acién, F.G. A simple equation to quantify the effect of frequency of light/dark cycles on the photosynthetic response of microalgae under intermittent light. (2018) *Algal Research*, 35, pp. 479-487. DOI: 10.1016/j.algal.2018.09.026
- Garrido-Cardenas, J.A., Manzano-Agugliaro, F., Acién-Fernandez, F.G., Molina-Grima, E. Microalgae research worldwide (2018) *Algal Research*, 35, pp. 50-60. DOI: 10.1016/j.algal.2018.08.005
- Barceló-Villalobos, M., Guzmán Sánchez, J.L., Martín Cara, I., Sánchez Molina, J.A., Acién Fernández, F.G. Analysis of mass transfer capacity in raceway reactors (2018) *Algal Research*, 35, pp. 91-97. DOI: 10.1016/j.algal.2018.08.017
- Romero-Villegas, G.I., Fiamengo, M., Acién Fernández, F.G., Molina Grima, E. Utilization of centrate for the outdoor production of marine microalgae at pilot-scale in flat-panel photobioreactors (2018) *Journal of Biotechnology*, 284, pp. 102-114. DOI: 10.1016/j.jbiotec.2018.08.006
- Andrés-Mañas, J.A., Ruiz-Aguirre, A., Acién, F.G., Zaragoza, G. Assessment of a pilot system for seawater desalination based on vacuum multi-effect membrane distillation with enhanced heat recovery (2018) *Desalination*, 443, pp. 110-121. DOI: 10.1016/j.desal.2018.05.025
- Beatrice-Lindner, P., Garrido-Cardenas, J.A., Sepulveda, C., Acién-Fernandez, F.G. A new approach for detection and quantification of microalgae in industrial-scale microalgal cultures (2018) *Applied Microbiology and Biotechnology*, 102 (19), pp. 8429-8436. DOI: 10.1007/s00253-018-9268-y
- Plaza, B.M., Gómez-Serrano, C., Acién-Fernández, F.G., Jimenez-Becker, S. Effect of microalgae hydrolysate foliar application (*Arthrospira platensis* and *Scenedesmus* sp.) on *Petunia x hybrida* growth (2018) *Journal of Applied Phycology*, 30 (4), pp. 2359-2365. DOI: 10.1007/s10811-018-1427-0
- Jebali, A., Acién, F.G., Rodríguez Barradas, E., Olguín, E.J., Sayadi, S., Molina Grima, E. Pilot-scale outdoor production of *Scenedesmus* sp. in raceways using flue gases and centrate from anaerobic digestion as the sole culture medium (2018) *Bioresource Technology*, 262, pp. 1-8. DOI: 10.1016/j.biortech.2018.04.057
- M. Barceló-Villalobos, F. G. Acién Fernández, J.M. Fernández-Sevilla, J. L. Guzmán Sánchez, Francisco Rodríguez Díaz. Mejora de la producción del alga *Scenedesmus almeriensis* mediante la optimización de los ciclos de luz/oscuridad. III Symposium Nacional de Ingeniería Hortícola, 2018.
- García-Cubero, R., Moreno-Fernández, J., Acién-Fernández, F.G., García-González, M. How to combine CO<sub>2</sub> abatement and starch production in *Chlorella vulgaris* (2018) *Algal Research*, 32, pp. 270-279. DOI: 10.1016/j.algal.2018.04.006
- Jebali, A., Acién, F.G., Sayadi, S., Molina-Grima, E. Utilization of centrate from urban wastewater plants for the production of *Scenedesmus* sp. in a raceway-simulating reactor (2018) *Journal of Environmental Management*, 211, pp. 112-124. DOI: 10.1016/j.jenvman.2018.01.043
- García, D., Posadas, E., Blanco, S., Acién, G., García-Encina, P., Bolado, S., Muñoz, R. Evaluation of the dynamics of microalgae population structure and process performance during piggy

wastewater treatment in algal-bacterial photobioreactors (2018) *Bioresource Technology*, 248, pp. 120-126. DOI: 10.1016/j.biortech.2017.06.079

- Pawłowski, A., Guzmán, J.L., Berenguel, M., Acien, F.G., Dormido, S. Application of predictive feedforward compensator to microalgae production in a raceway reactor: A simulation study. (2018) *Energies*, 11 (1), art. no. 123. DOI: 10.3390/en11010123
- Karina Riveros, Claudia Sepulveda, Jazmin Bazaes, Paola Marticorena, Carlos Riquelme, Gabriel Acien. Overall development of a bioprocess for the outdoor production of *Nannochloropsis gaditana* for aquaculture. *Aquaculture Research*. 2018; 49:165–176.
- Overall development of a bioprocess for the outdoor production of *Nannochloropsis gaditana* for aquaculture. (2018) *Aquaculture Research*, 49 (1), pp. 165-176. DOI: 10.1111/are.13445.
- Larissa Terumi Arashiro, Neus Montero, Ivet Ferrer, Francisco Gabriel Acien, Cintia Gómez, Marianna Garfí. Life cycle assessment of high rate algal ponds for wastewater treatment and resource recovery. *Science of The Total Environment*, 2018 vol: 622-623 pp: 1118-1130
- D. Bessi res, J-P Bazile, T. T. Xuan Nguyen, F. G Acien, F. García-Cuadra. Thermophysical behavior of three algal biodiesel over wide ranges of pressure and temperature. *Fuel*, June 2018
- Luiza Moraes, Gabriel Martins da Rosa, Ainoa Morillas España, Lucielen Oliveira Santos, Michele Greque de Moraes, Emilio Molina Grima, Jorge Alberto Vieira Costa, Francisco Gabriel Acien Fern andez. Strategies for enhancement of *Nannochloropsis gaditana* outdoor production: influence of CO2 flow rate into the performance of the cultures in tubular photobioreactors. *Process Biochemistry*, 2018. 10.1016/j.procbio.2018.10.010
- Vizc ino AJ, Sáez MI, Martínez TF, Acien FG, Alarcón FJ. Differential hydrolysis of proteins of four microalgae by the digestive enzymes of gilthead sea bream and Senegalese sole. *Algal Research*, Accepted November 2018.

### Capítulos de libro

- Development of Photobioreactors for H2 Production from Algae J. M. Fern andez-Sevilla, F. G. Acien Fern andez and E. Molina Grima in *Microalgal Hydrogen Production: Achievements and Perspectives* Eds: Michael Seibert, Giuseppe Torzillo. The Royal Society of Chemistry. isbn 978-1-84973-672-5 <http://dx.doi.org/10.1039/9781849737128>
- Growing algal biomass using wastes. Felix L. Figueroa, Nathalie Korbee, Roberto Abdala-Diaz, Felix Alvarez-Gomez, Juan Luis Gomez-Pinchetti and F. Gabriel Acien. En *Bioassays Advanced Methods and Applications*. Edited by Donat-P. Hader and Gilmar S. Erzinger. Elsevier, Amsterdam, Netherland. (2018)
- Contribuci n de las microalgas al desarrollo de la bioeconomía. F.G. Acien Fern andez, J.M. Fern andez-Sevilla, E. Molina Grima. *Mediterráneo Económico* 32: 309-331. | ISSN: 1698-3726 | ISBN-13: 978-84-95531-89-6 (2018)
- Costs analysis of microalgae production. J.M. Fern andez-Sevilla, F.G. Acien Fern andez, and E. Molina Grima. . En *Biofuels from Algae*. Edited by Ashok Pandey. Elsevier (2018).
- Microalgas: Pieza clave en la revolución azul. F.G. Acien Fern andez, C. Gómez Serrano, J.M. Fern andez-Sevilla. . En *Investigación hecha en Almería*. Editorial Universidad de Almería. 2018
- New strategies for the design and control of raceway reactors to optimize microalgae production. Marta Barceló Villalobos, Francisco Gabriel Acien Fern andez, José Luis Guzmán, Jose María Fern andez Sevilla. *Algal Technologies Volumes of CRC Press*. 2018

## Congresos

- Inspiration Vatten, 15-16 February 2018, Norrtälje, Sweden
- Euromembrane 2018, 9-13 July 2018, Valencia, Spain
- Desalination for the Environment Clean Water and Energy, 3-6 September 2018, Athens (Greece)
- Solar Power and Chemical Energy Systems, SOLARPACES, 2-5 October 2018, Casablanca (Morocco)
- International Renewable and Sustainable Energy Conference, IRSEC, 5-8 December 2018, Rabat (Morocco)
- International Conference on Algal Biomass, Biofuels and Bioproducts AlgalBBB 2018 8<sup>th</sup> Edition. 11<sup>th</sup> June to 13<sup>th</sup> June 2018. Seattle, WA, USA.
- I JORNADAS DOCTORALES EN ENERGÍAS RENOVABLES. Jaén, Spain, 2018
- XVI SIMPOSIO DE INGENIERÍA DE CONTROL. Almería, Spain 2018.
- GLS-14 conference. Rhodes, Greece, 2018.
- Bioresource technology for Bioenergy, Bioproducts and Environmental Sustainability. Sitges, Spain, 2018.
- 40<sup>th</sup> INTERNATIONAL CONFERENCE ON ENVIRONMENTAL & FOOD MONITORING (ISEAC-40). Santiago de Compostela (Spain), 2018
- III Symposium Nacional de Ingeniería Hortícola. Lugo, Spain: 2018.
- 8<sup>th</sup> International Conference on Algal Biomass, Biofuels and Bioproducts. Seattle, USA 2018.
- IFAT Wastewater tyreatment Fair. Munich, Germany 2018.
- 18<sup>th</sup> International Symposium on Fish Nutrition and Feeding. Las Palmas de Gran Canaria, Spain: 2018.

## Contribuciones a congresos

- G. Zaragoza. Renewable Energy and Desalination. Presentación plenaria. Inspiration Vatten 2018. Norrtälje (Suecia), 15-16 febrero 2018
- J.A. Andrés-Mañas, I. Requena, A. Ruiz-Aguirre, F.G. Acién, G. Zaragoza. Experimental validation of vacuum-enhanced operation in air-gap membrane distillation commercial modules. Presentación Oral. Euromembrane 2018. Valencia (Spain), 9-13 julio 2018.
- P. Palenzuela, T. Orth, D.C. Alarcón-Padilla, G. Zaragoza. Performance evaluation of a multi-effect distillation unit with a polymer tube heat exchanger. Póster. Desalination for the Environment: Clean Water and Energy, Athens (Greece), 3-6 septiembre 2018.
- J. A. Andrés-Mañas, F.G. Acién, G. Zaragoza. Performance evaluation of a novel vacuum-enhanced air-gap membrane distillation module for regeneration of salinity gradients. Presentación Oral. Desalination for the Environment: Clean Water and Energy, Athens (Greece), 3-6 septiembre 2018.
- P. Palenzuela, B. Ortega-Delgado, D.C. Alarcón-Padilla. Comparison between CSP+MED and CSP+RO in two geographical locations: Abu Dhabi (UAE) and Almería (Spain). Presentación Oral. Solar Power & Chemical Energy Systems (SolarPaces), Casablanca (Morocco), 2-5 octubre 2018.
- Chorak, P. Palenzuela, D.C. Alarcón-Padilla, A.B. Abdellah. Experimental characterization of a Double-Effect Absorption Heat Pump-MED system driven by parabolic trough collectors. Presentación Oral. 6<sup>th</sup> International Renewable and Sustainable Energy Conference, Rabat (Marruecos). 05-08 diciembre 2018
- F. G. Acién. Production of biogas and biomethane from wastewater treatment using microalgae. Conferencia por invitación. Jornadas doctorales en energías renovables. Jaén, Spain. Año: 2018

- F. G. Acién. Advanced control in microalgae-based processes: SABANA Project. Conferencia por invitación. XVI simposio de ingeniería de control. Almería, Spain 2018.
- García D., Posadas E., Blanco S., Acién G., Bolado S. and Muñoz R. Eulerian-Eulerian-Lagrangian Simulation of Multiphase Flows in Microalgae Photobioreactors for CO<sub>2</sub> Capture. Poster. GLS-14 conference. Rhodes, Greece 2018.
- J. V. Reinoso Moreno<sup>1</sup> G. Pinna Hernández, J. A. Sánchez Molina, M. D. Fernández Fernández, J. C. López Hernández, F. G. Acién Fernández. Optimization of boiler operation conditions for heating of greenhouses using crop residues. Poster. Bioresource Technology for Bioenergy, Bioproducts and Environmental Sustainability. Sitges, Spain 2018.
- García-Gómez E., Plaza-Bolaños P., Morillas España, A., Gómez Serrano C., Agüera A. Removal of organic microcontaminants from urban wastewater using a microalgae-based photobioreactor. Analytical assessment. Poster. 40th International Conference on Environmental & Food Monitoring (ISEAC-40). Santiago de Compostela, Spain 2018.
- M. Barceló-Villalobos, F. G. Acién Fernández, J.M. Fernández-Sevilla, J. L. Guzmán Sánchez, Francisco Rodríguez Díaz. Mejora de la producción del alga *Scenedesmus almeriensis* mediante la optimización de los ciclos de luz/oscuridad. Poster. III Symposium Nacional de Ingeniería Hortícola. Lugo, Spain 2018.
- M. Barceló-Villalobos, J. L. Guzmán Sánchez, I. Martín Cara, J.A. Sánchez Molina, F. G. Acién
- Analysis of mass transfer capacity in a raceway reactor. Poster. 8th International Conference on Algal Biomass, Biofuels and Bioproducts. Seattle, USA 2018.
- F. G. Acién, J. M. Fernández-Sevilla, E. Molina-Grima. SABANA project: Demonstrating the application of microalgae in agriculture and aquaculture. Oral. 8th International Conference on Algal Biomass, Biofuels and Bioproducts. Seattle, USA 2018.
- J. M. Fernández-Sevilla, A. Martínez-García, C. Gómez, I. Martín, F. G. Acién. PURALGA project: Demonstrating the utilization of microalgae to increase the sustainability of farms. Poster. 8th International Conference on Algal Biomass, Biofuels and Bioproducts. Seattle, USA 2018.
- F. G. Acién, J. M. Fernández-Sevilla, E. Molina-Grima. SABANA project: Demonstrating the application of microalgae in agriculture and aquaculture at real scale. Oral. IFAT Wastewater tyreatment Fair. Munich, Germany 2018.
- C. Gómez-Serrano, I. Martín-Cara, A. Morillas, M. Ciardi, F. G. Acién. Production of microalgal biomass from different effluents of a wastewater treatment plant. Poster. I Jornadas doctorales en energías renovables. Jaén, Spain 2018.
- Casas MV, Béjar J, Acién FJ, Vizcaíno FJ, Gómez-Pinchetti JL, Abdala RT. Evaluation of microalgae biomass as feed ingredient for aquafeeds: analysis of toxicity in SAF-1 and DLEC fish cell lines and heavy metal content. Poster. 18th International Symposium on Fish Nutrition and Feeding. Las Palmas de Gran Canaria, Spain 2018.
- Charla "Uso de microalgas y bacterias en agricultura intensiva" en la Escuela Agraria Campomar, enero 2018.

## 2.6.8 Miembros del la unidad

**José María Fernández Sevilla**



Professor of Chemical Engineering  
UAL

jfernand@ual.es  
(+34) 950 015 899  
www.jfernand.es

**Guillermo Zaragoza del Águila**



Distinguished Researcher  
UAL-CIEMAT  
guillermo.zaragoza@psa.es  
(+34) 950 387941  
www.psa.es

**Francisco Gabriel Acién Fernández**



Professor of Chemical Engineering  
UAL

**Diego César Alarcón Padilla**



Senior Researcher  
CIEMAT - PSA

**Cintia Gómez Serrano**



Associate Researcher  
Ingeniería Química – UAL/Las Palmerillas

**Alba Ruiz Aguirre**



Associate Researcher  
CIEMAT - PSA)

**Patricia Palenzuela**



Senior Researcher  
CIEMAT - PSA

**Juan Antonio Andrés Mañas**



Associate Researcher  
CIEMAT - PSA

**Jose Peña Martín**



Associate Researcher  
Ingeniería Química - UAL

**Ismael Martín Cara**



Contratado de investigación  
Ingeniería Química - UAL

**Martina Ciardi**



Associate Researcher  
Ingeniería Química - UAL

## 2.6.9 Proyectos vigentes durante 2018

### 2.6.9.1 Zero carbon resorts towards sustainable development of the tourism sector in the Philippines and Thailand (ZCR2)

**Participantes:**

Gruppe Angepaste Technologie GrAT (AT) (Coord.)  
Palawan Council for Sustainable Development PCSD (PH)  
Green Leaf Foundation GLF (TH)  
Health Public Policy Foundation HPPF (TH)  
PSA-CIEMAT (ES).

**Investigador Principal:**

Robert Wimmer (GrAT)

**Contactos:**

G. Zaragoza (gzaragoza@psa.es)

**Fuente de financiación:**

European Commission, SWITCH-ASIA programme

**Duración prevista:**

May 2014 – April 2018

**Situación:**

Finalizado este año

**Resumen**

Este proyecto se basa en el éxito y los logros de la ZCR en Filipinas (2009-2014) para la replicación y la mejora de la escala. El enfoque regional se implementará a través de la intervención de ZCR en Tailandia y la Certificación Verde en Filipinas, al mismo tiempo que aumentará el acceso a las finanzas verdes y mejorará los intercambios de políticas sobre CPS en el turismo en ambos países.

El objetivo general es contribuir al desarrollo sostenible del sector del turismo en Filipinas y Tailandia con un enfoque en la reducción del uso de combustibles fósiles y las emisiones de CO<sub>2</sub> a través de la mejora de la energía y la eficiencia de los recursos de las empresas pyme y una mayor disponibilidad de energía renovable. El objetivo es permitir que las empresas pyme en la industria del turismo en Filipinas sean un modelo de consumo y producción sostenibles para el sector turístico a través de prácticas certificadas de Carbono Cero y tecnologías innovadoras eficientes en un enfoque transfronterizo con Tailandia, proporcionando incentivos y acceso a Financiación en ambos países.

Los objetivos específicos por parte del CIESOL son:

- Diseñar un sistema solar autónomo para el suministro de agua y energía a instalaciones turísticas aisladas remotas.
- Investigar y caracterizar la tecnología de destilación de membrana con energía solar.
- Evaluar sistemas comerciales de destilación por membrana.
- Investigación sobre la aplicación de la destilación por membrana para el tratamiento de aguas contaminadas.
- Difusión de resultados y elaboración de informes científicos.

### 2.6.9.2 Conversion of low grade heat to power through closed loop reverse electro-dialysis (RED-HEAT-TO-POWER)

**Participantes:**

|                            |                                           |
|----------------------------|-------------------------------------------|
| WIP (D)                    | UNIVERSITY OF EDINBURGH (UK)              |
| University of Palermo (IT) | UNIVERSITAT POLITECNICA DE CATALUNYA (ES) |
| FUJIFILM (NL)              | PSA-CIEMAT (ES)                           |
| REDSTACK (NL)              | Universidad de Almería (ES)               |

**Investigador Principal:**

Michael Papapetrou (WIP)

**Contactos:**

Dr. Guillermo Zaragoza (guillermo.zaragoza@psa.es)

**Fuente de financiación:**

European Commission, Horizon 2020 programme

**Duración prevista:**

May 2015 – April 2019

**Situación:**

En curso.

**Resumen**

El objetivo general es probar este concepto revolucionario, desarrollar los materiales, componentes y conocimientos necesarios para llevarlo al nivel de un prototipo de laboratorio que genere electricidad a partir de calor de bajo grado con mayor eficiencia y costos más bajos que nunca hasta ahora. Objetivos específicos:

- Seleccionar las tecnologías más adecuadas para el proceso de regeneración y las combinaciones de sales y disolventes que pueden maximizar el rendimiento del sistema.
- Crear nuevos conocimientos para desarrollar: membranas para las soluciones seleccionadas; Conceptos de fabricación de membranas que pueden ampliarse para producción de alto volumen y bajo costo; pilas eficientes adecuadas para esta aplicación; Procesos de regeneración energéticamente eficientes.
- Implementar y validar una herramienta de simulación de procesos para analizar el rendimiento en diferentes configuraciones y condiciones operativas.
- Evaluar y mejorar el rendimiento del sistema en general a través de pruebas en un prototipo de laboratorio, identificando posibles problemas operativos y de ampliación de escala.

El objetivo específico de CIEMAT-PSA es seleccionar las tecnologías más adecuadas para el proceso de regeneración y las combinaciones de sales y solventes que pueden maximizar el rendimiento del sistema.

**2.6.9.3 Water saving for solar concentrated power (WASCOP)****Participantes:**

CEA

DLR

CIEMAT

Cranfield University

Fundación Tekniker

Moroccan Agency for

Solar Energy SA

Rioglass Solar S.A

Archimede Solar

Energy S.r.l.

OMT Solutions B.V

Hamon d'Hondt

AMIRES s.r.o.

**Investigador Principal:**

Delphine Bourdon (CEA)

**Contactos:**

Dra. Patricia Palenzuela (patricia.palenzuela@psa.es)

**Fuente de financiación:**

European Commission, Horizon 2020 programme

**Duración prevista:**

January 2016-December 2019

**Situación:**

En curso.

**Resumen**

El objetivo principal de este proyecto es desarrollar una innovación revolucionaria en la gestión del agua de las soluciones integradas y flexibles de CSP que comprende diferentes tecnologías innovadoras y estrategias optimizadas para el enfriamiento del bloque de energía y la limpieza de las superficies ópticas del campo solar. La principal ventaja de WASCOP consiste en la capacidad de reflejar y adaptarse a las condiciones específicas que prevalecen en las plantas de CSP individuales, a diferencia de otros enfoques competitivos que proponen una única solución genérica aplicable solo en algunos casos de referencia. La

solución holística WASCOP proporciona una combinación eficaz de tecnologías que permite una reducción significativa en el consumo de agua (hasta un 70% -90%) y una mejora significativa en la gestión del agua de las plantas de CSP. Para demostrar los beneficios (ya sean económicos o ambientales), el sistema desarrollado se probará y validará en condiciones reales de cuatro sitios de prueba en Francia, España y Marruecos después de una demostración preliminar en un entorno de laboratorio.

Los principales objetivos de este proyecto son:

- El desarrollo y la optimización de un sistema de almacenamiento de calor agregado a la salida de calor de la turbina, y antes del circuito de enfriamiento del bloque de potencia, reducirá la pérdida de eficiencia de enfriamiento seco hasta un 5%, pero ofrece un potencial de ahorro de agua de enfriamiento del 100%.
- El desarrollo de un sistema de enfriamiento seco / húmedo híbrido rentable y su estrategia operativa avanzada para uso a temperaturas ambiente máximas, que traerá un aumento en la eficiencia general de la planta del 5%.
- Desarrollo de un concepto único de enfriador adiabático versátil, basado en un enfoque de enfriamiento en seco con una cantidad ajustable de adición de agua, rediseño del intercambiador de calor y rediseño del manejo del aire. Este enfoque conducirá a un ahorro total de agua del 90%.
- Optimización de los métodos tradicionales de limpieza para reducir el consumo de agua.
- Desarrollo de un dispositivo de limpieza basado en el efecto de la cavitación por ultrasonido y que consume casi cero agua (98% de reducción en comparación con los métodos de limpieza comunes) para eliminar las partículas adheridas de las superficies reflectoras.
- Desarrollo de un dispositivo de limpieza que no consume agua adicional, sino que utiliza los reflectores de condensación del rocío.
- Validación de todo el sistema en condiciones reales, con cada subsistema probado en al menos una de las cuatro instalaciones de prueba de CSP.

#### 2.6.9.4 Resource recovery from industrial waste water by cutting edge membrane technologies (REWACEM)

##### **Participantes:**

|                                           |                                         |
|-------------------------------------------|-----------------------------------------|
| Fraunhofer Institute (Germany)            | AT&S (Austria)                          |
| CIEMAT-PSA (Spain)                        | Electronique SAU (Spain)                |
| AEE (Austria)                             | DEUKUM GmbH (Germany)                   |
| VDEH GmbH (Germany)                       | Associazione Italiana Zincatura (Italy) |
| Universita Degli Studi Di Palermo (Italy) | Universitaet Stuttgart (Germany)        |
| Deutsche Edelstahlwerke GmbH (Germany)    | Tecnozinco Srl (Italy)                  |
| SolarSpring GmbH (Germany)                | PSE AG (Germany)                        |

##### **Investigador Principal:**

Joachim Koschikowski (Fraunhofer ISE)

##### **Contactos:**

Dr. Guillermo Zaragoza (guillermo.zaragoza@psa.es)

##### **Fuente de financiación:**

European Commission, Horizon 2020 programme

##### **Duración prevista:**

October 2016-October 2019

##### **Situación:**

Ongoing

##### **Resumen**

El proyecto ReWaCEM tiene como objetivo reducir el consumo de agua, el uso de energía y las aguas residuales, recuperar recursos metálicos valiosos y reducir la huella hídrica entre un 30% y un 90% en la industria de placas de metal, galvanizado y circuitos impresos. Para alcanzar estos objetivos, ReWaCEM adoptará dos tecnologías de membrana de vanguardia adecuadas para los requisitos de los enfoques de



ciclos de materiales cerrados y los conceptos de recuperación en la industria de procesamiento de metales: diálisis de difusión (DD) y destilación de membrana (MD) como un proceso híbrido integrado.

El objetivo principal del proyecto propuesto es la aplicación y demostración de tecnologías de tratamiento de agua innovadoras y eficientes con el efecto de una reducción significativa del uso del agua, la producción de aguas residuales, el consumo de químicos y el uso de energía para las industrias de producción, procesamiento y revestimiento de metales. Mediante la combinación e integración de tecnologías existentes pero altamente innovadoras, se recuperarán recursos valiosos, como metales y fluidos de proceso, reduciendo así el consumo de materia prima, cerrando los lazos de la cadena del proceso y acercando los procesos existentes en la industria metalúrgica a la sostenibilidad.

Otros objetivos específicos del proyecto son:

- Adaptación de un sistema de tratamiento combinado que incluye tecnologías probadas de separación por membrana selectiva para la aplicación en la industria de procesamiento de metales para minimizar sus flujos de desechos líquidos en un 70-90%, minimizando el uso de agua en un 50-90% y maximizando la recuperación de recursos valiosos, lo que lleva a la protección del medio ambiente y beneficios económicos
- Utilización del calor residual de baja calidad disponible a 70-90 ° C para el proceso de membrana con alimentación térmica
- Pruebas y evaluación de la tecnología en condiciones reales e integración en el proceso de producción que demuestra el rendimiento técnico y económico.
- Facilite la captación de los resultados del proyecto en el mercado mediante un compromiso activo con la industria desde una etapa temprana, primero tomando sus comentarios durante la fase de desarrollo y luego comunicándoles de manera efectiva los logros del proyecto y otras oportunidades para la explotación de los resultados del proyecto.
- Implementación de una estrategia efectiva de comunicación y transferencia de conocimiento dirigida a la formulación de políticas, negocios y al público en general.

#### 2.6.9.5 Networking for excellence in solar thermal energy research (NESTER)

##### **Participantes:**

The Cyprus Institute (Cyl)  
CIEMAT-PSA (Spain)  
ENEA-UTRINN (Italy)  
CNRS-PROMES (France)  
RWTH Aachen (Germany)

##### **Investigador Principal:**

Costas N. Papanicolas (Cyl)

##### **Contactos:**

Dr. Diego Alarcón (diego.alarcon@psa.es)

##### **Fuente de financiación:**

European Commission, Horizon 2020 programme

##### **Duración prevista:**

January 2016-December 2018

##### **Situación:**

Terminado en 2018

##### **Resumen**

El proyecto NESTER TWINNING tiene como objetivo mejorar el rendimiento científico y la capacidad de innovación del Instituto de Chipre (Cyl) en el campo de la energía solar térmica (STE) y las tecnologías relacionadas. La actualización se logrará incorporando las actividades del Instituto en una red de excelencia, que brindará acceso a los últimos conocimientos técnicos e instalaciones, capacitará al personal científico y técnico de Cyl y lo vinculará con la industria europea. Dentro de esta red, las inversiones

sustanciales ya realizadas por Cyl en este campo, pero también las planificadas, resultarán en una armonización y optimización de las actividades en STE con otras instituciones líderes en el campo, por lo que se puede lograr la excelencia internacional. La red de excelencia propuesta está definida por cuatro instituciones en el campo con un historial probado en investigación de energía solar térmica (ENEA-UTRINN, CNRS-PROMES, CIEMAT-PSA y RWTH - Aachen), socios en este proyecto. El consorcio NESTER posee colectivamente un formidable know-how en el área de STE y opera algunas de las instalaciones experimentales más importantes del mundo. Las instituciones del consorcio, junto con sus socios y vínculos en investigación, educación e innovación, definen una red de oportunidades sin precedentes para que Cyl crezca, y le permiten emerger como centro de excelencia por derecho propio.

El objetivo general del Proyecto NESTER es integrar firmemente la división de energía solar del Instituto de Chipre (Cyl) como miembro de la comunidad de los principales grupos de investigación en el campo de la Energía Térmica Solar, y establecerlo como líder regional en El Mediterráneo oriental y Medio Oriente (región EMME).

### Objetivos

Los objetivos específicos de este proyecto son:

- Elevar el resultado de la investigación del Instituto de Chipre, en términos de calidad y cantidad.
- Reforzar y crear vínculos duraderos entre Cyl y los socios académicos y redes relevantes.
- Aumentar el prestigio y la visibilidad del Instituto de Chipre, en particular en el campo de STE.
- Establecer Cyl como un centro regional para la transferencia de conocimiento en el campo de STE en el Mediterráneo oriental.
- Mejorar el éxito de Cyl en solicitudes de becas competitivas en el campo de STE.
- Atraer mejores doctores candidatos, investigadores y profesores.
- Participar con la industria local, regional y europea.
- Interactuar con los responsables políticos locales y regionales, asociaciones y prensa.

#### 2.6.9.6 Solving water issues for csp plants (SOLWATT)

##### Participantes:

|                      |                                                |
|----------------------|------------------------------------------------|
| TSK                  | Archimede Solar Energy S.r.l.                  |
| CEA                  | Ingeniería para el desarrollo tecnológico S.I. |
| DLR                  | FENIKS Cleaning and Safety S.I.                |
| CIEMAT               | Barcelona Supercomputing Center-               |
| Cranfield University | Brightsource industries Israel LTD             |
| Fundación Tekniker   | AMIRES s.r.o.                                  |
| Rioglass Solar S.A   |                                                |

##### Investigador Principal:

Luis Millán (TSK)

##### Contactos:

Dra. Patricia Palenzuela (patricia.palenzuela@psa.es)

##### Fuente de financiación:

European Commission, Horizon 2020 programme

##### Duración prevista:

May 2018-April 2021

##### Situación:

En curso

##### Resumen

El propósito general del proyecto SOLWATT es ampliar, implementar y demostrar tecnologías y estrategias rentables que produzcan una reducción significativa del agua de las plantas de CSP al tiempo que

garantizan un excelente rendimiento de la producción de energía eléctrica. El propósito general del proyecto SOLWATT es ampliar, implementar y demostrar tecnologías y estrategias rentables que produzcan una reducción significativa del agua de las plantas de CSP al tiempo que garantizan un excelente rendimiento de la producción de energía eléctrica. El enfoque SOLWATT propuesto abordará todos los segmentos de consumo de agua en una planta de CSP mediante:

- 90% para reducción de operaciones de limpieza;
- 15 a 28% para enfriamiento de condensador de turbina;
- 90% para recuperación y reciclaje de agua;

Y además, una reducción total del consumo de agua por:

- 35% para una planta de CSP enfriada en húmedo
- 90% para una planta de CSP enfriada en seco

Los principales objetivos de este proyecto son:

- Reducción de las operaciones de limpieza del agua. SOLWATT apunta a una reducción del consumo de agua en un 90%, es decir, ahorros de casi 0.25m<sup>3</sup> / MWhe dependiendo de la tasa de suciedad y la ubicación del campo solar.
- Enfriamiento retardado del condensador de turbina. Para mantener una temperatura baja en el condensador de la turbina, es decir, una alta eficiencia mientras se reduce el consumo de agua, SOLWATT demostrará la eficiencia de un depósito de almacenamiento en frío, regenerado por las temperaturas más bajas que ocurren durante la noche.
- Tecnologías de recuperación de agua. SOLWATT demostrará la eficiencia del uso de un sistema de Evaporación de Efecto Múltiple (MEE) para reciclar y reutilizar el 90% de estas corrientes de aguas residuales (0.5 m<sup>3</sup> / MWhe) usando energía térmica que de otro modo se descargaría desenfocando partes del campo solar, logrando un agua Consumo reducido a 0.05 m<sup>3</sup> / MWhe. La producción de agua dulce ahorrará hasta 0,45 m<sup>3</sup> / MWhe.
- Optimizador de la operación de la planta incluyendo el pronóstico de la tasa de suciedad El tratamiento probabilístico de los pronósticos para los días siguientes es esencial para la optimización de las operaciones de la planta de CSP. SOLWATT demostrará la eficiencia del control global optimizado de la planta gracias a una aplicación dedicada.
- Estudios socioeconómicos y medioambientales. Los impactos sociales, económicos y ambientales en las comunidades locales cercanas a las plantas de CSP son un punto de preocupación.
- Demostración y validación de tecnologías SOLWATT.

Todas las tecnologías se instalarán, demostrarán y validarán en condiciones reales en la planta de CSP "La Africana" en España y en la estación de energía solar térmica "Ashalim" en Israel.

#### 2.6.9.7 Optimización del tratamiento de purines con microalgas en fotobioreactores cerrados para la producción de biofertilizantes (PURASOL)

##### Participantes:

Universidad de Valladolid (ES).  
Universidad de Almería

##### Investigador Principal:

Silvia Bolado (UV) (Coordinated project)  
Jose María Fernandez Sevilla (UAL) (Subproject 2)

##### Contactos:

JM Fernandez-Sevilla (jfernand@ual.es)

**Fuente de financiación:**

Ministerio de Economía, Industria y Competitividad

**Duración prevista:**

31/12/2017 – 31/12/2020

**Situación:**

En curso, comenzado en 2018

**Resumen**

El objetivo de PURASOL es optimizar la valorización del estiércol mediante el uso de microalgas. De esta manera, se obtiene una corriente de agua (adecuada para el riego) y una recuperación de nutrientes (como bioproductos y bioenergía). La falta de recursos naturales junto con la creciente necesidad de importar compuestos básicos hacen que la industria ganadera sea de gran importancia en nuestro país. La producción de estiércol está estrechamente relacionada con ella y el desafío de convertir una fuente potencial de problemas ambientales, como estiércol, en un recurso renovable con un alto valor económico, es uno de los problemas en Europa hoy en día. Estudios previos confirmaron que es posible utilizar el estiércol como fuente de nutrientes para el crecimiento de microalgas. Sin embargo, todavía hay algunos problemas por optimizar, como la productividad de las microalgas y la calidad del agua. Además, se demostró que la biomasa de las microalgas se puede convertir con éxito en biofertilizantes, alimentos para animales o biocombustibles, pero estos procesos deben optimizarse y validarse aún más.

El proyecto PURASOL tiene como objetivo encontrar una solución a todos esos problemas. Más específicamente:

1. Se estudiarán diferentes tratamientos previos para reducir la turbidez del estiércol, maximizando el uso de la luz por las microalgas.
2. Para aumentar la recuperación de agua, la evaporación se reducirá al cubrir los fotobiorreactores de capa delgada.
3. Se estudiarán los consorcios de microalgas y bacterias para determinar su forma óptima de valorización, ya que se ha demostrado que su composición depende de las condiciones ambientales y de operación.
4. Estudiar la presencia de contaminantes emergentes y metales pesados en el agua tratada y la biomasa de microalgas, que además de representar un riesgo para el medio ambiente y la salud pública, influyen en las poblaciones microbianas en el sistema, la capacidad de tratamiento y las formas de valorización.

**2.6.9.8 Development of a biological upgrading technology for the production of biometan in agroindustrial environments (GREENUPGAS)**

**Participantes:**

ESTRELLA DE LEVANTE, AQUALGAE, ENEVIA, BIONET, AINIA, AIJU, Universidad de Almería, AROSA I+D

**Contacto:**

Dr. F. Gabriel Acien Fernandez (facien@ual.es)

**Fuente de financiación:**

INTERCONNECTA, CDTI EXP - 00083180 / ITC-20151346

**Duración:**

January 2016 – June 2018.

**Situación:**

Completado

**Resumen:**

El objetivo principal del proyecto es desarrollar la tecnología GreenUpGas o el proceso biológico para la purificación de biogás agroindustrial para obtener biometano adecuado para inyección en redes de gas o uso como biocombustible en vehículos. La tecnología GreenUpGas consta de tres módulos: acondicionamiento de biogás con cultivo de microalgas, producción de H<sub>2</sub> por electrólisis de agua a partir

de energía solar fotovoltaica y metanización biocatalítica con microorganismos metanogénicos hidrogenotróficos.

**Objetivos:**

El objetivo general de GreenUpGas es el desarrollo de una nueva tecnología de mejoramiento biológico para la producción de biometano en entornos agroindustriales.

**2.6.9.9 Processing of brewery wastes with microalgae for producing valuable compounds (GREENBIOREFINERY)"**

**Participantes:**

Departamento de Ingeniería, Universidad de Almería (España)  
Laboratorio Nacional de Energía y Geología (LNEG) Portugal  
Universidad de Antioquia (Colombia)  
Universidad Nacional Tecnológica (Argentina)  
Cervecería la Unión (Colombia)  
Mahou-San Miguel (España)

**Contacto:**

F. Gabriel Acien (facien@ual.es)

**Fuente de financiación:**

ERANET LAC 2014

**Duración:**

October 2015 – September 2018.

**Situación**

In progress

**Resumen:**

El principal objetivo de GREENBIOREFINERY es desarrollar nuevas estrategias para generar bioproductos con la integración del tratamiento de residuos de la cervecería y la producción de biomasa de microalgas, mejorando así la sostenibilidad económica y ambiental del proceso en su conjunto. Esta integración permitirá la transformación de estos residuos de la industria cervecera en biomasa de interés. Por lo tanto, esto permitirá no solo la reducción del impacto ambiental de los procesos de fabricación de cerveza, sino también la recuperación de los nutrientes (C, N, P) contenidos en los desechos y su conversión a compuestos de alto valor. Para lograr este objetivo, los desechos (líquidos y gases) producidos se caracterizarán para ser utilizados como materia prima en la producción de microalgas por parte de compañías previamente seleccionadas. Se compararán varios procedimientos de recuperación de estos desechos para identificar los más adecuados para ser acoplados con la producción de microalgas. Después de esto, se evaluarán varias cepas de microalgas para establecer cuál es la mejor de acuerdo con su capacidad de crecimiento y su composición bioquímica. La caracterización citada anteriormente, se llevará a cabo en condiciones de laboratorio y simulará las reales, mientras que la cepa seleccionada también se probará en el exterior, empleando diferentes sistemas de crecimiento y modos operativos. Se analizará tanto la producción como la calidad de la biomasa producida, así como la depuración de los residuos de la cervecería utilizados (líquidos y gases). A partir de la caracterización de la biomasa se desarrollarán procesos adecuados para la completa valorización de la biomasa. Se considerará la producción de compuestos de alto valor como pigmentos y ácidos grasos, así como la utilización de la biomasa como alimentación animal y producción de biofertilizantes. Finalmente, la tecnología desarrollada se escalará a escala piloto con fotobiorreactores de 1m<sup>3</sup> para validar y evaluar el proceso en su totalidad. En este proyecto participan cuatro organizaciones con gran experiencia en ingeniería de bioprocesos, biotecnología de microalgas y cultivos celulares in vitro, con el objetivo de desarrollar bioprocesos innovadores para la producción de biomasa de alto valor a partir de residuos ricos en nutrientes (C, N y P) sin uso. Actualmente en la industria cervecera. Como resultado, nuestro objetivo es desarrollar procesos flexibles y adaptables de explotación integral de la

biomasa de microalgas que puedan aplicarse en diferentes cervecerías teniendo en cuenta las necesidades y posibilidades locales.

**Objetivos:**

- Caracterización de desechos líquidos y gaseosos derivados de la industria cervecera en términos de su viabilidad como materia prima para la producción de microalgas. Diseño de una estrategia para el tratamiento y uso de desechos de cervecería utilizando cultivos de microalgas.
- Evaluación de la productividad y composición de microalgas cultivadas en desechos de cervecería a escala de laboratorio, además de su capacidad de depuración.
- Desarrollo del concepto de biorrefinería para la valorización integral de la biomasa producida minimizando la emisión de residuos.
- Demostración del proceso a escala piloto y evaluación de su economía y factibilidad.

**2.6.9.10 Efficient technology for biomethanization of biogas (METINGREEN)**

**Participantes:**

Biorizon Biotech,  
University of Almeria

**Contacto:**

F.G. Ación (facien@ual.es)

**Fuente de financiación:**

Ministerio de Economía y Competitividad. CDTI

**Duración:**

June 2016 - December 2017.

**Situación**

Completado

**Resumen:**

Este proyecto está enfocado a desarrollar un nuevo producto, una serie de prototipos (en el que METinGREEN alcanzará la escala de demostración) que permitirán tratar el producto de biogás de la digestión anaeróbica. Para esto, se desarrollarán tecnología y prototipos para (1) actualización y (2) refinación. Paralelamente al proyecto presentado por VALORIZA Agua, denominado SMART · Met · Value, se buscará optimizar el proceso de valorización del biometano, agregando un nuevo prototipo basado en la mezcla. El producto final obtenido será un biometano, con propiedades similares al Gas Natural a un costo competitivo para su comercialización.

**Objetivo:**

El objetivo del proyecto es desarrollar un conjunto de prototipos capaces de refinar y afinar el biogás de las Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales (EDAR) y / o Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales (RSU). El objetivo general del proyecto en este caso es probar en una escala suficiente (cerca de la escala de demostración) el principio de limpieza de biogás en condiciones reales, y producir biometano en condiciones de calidad suficiente para su comercialización (inyección en la red de distribución o biocombustible).

**2.6.9.11 Sustainable algae biorefinery for agriculture and aquaculture (SABANA)**

**Participantes:**

MIKROBIOLOGICKY USTAV - AVCR, V.V.I., Czech Republic  
GEA WESTFALIA SEPARATOR GROUP GMBH, Germany  
UNIVERSITA DEGLI STUDI DI MILANO, Italy

UNIVERSIDAD DE LAS PALMAS DE GRAN CANARIA, Spain  
 SZECHENYI ISTVAN UNIVERSITY, Hungary  
 KARLSRUHER INSTITUT FUER TECHNOLOGIE, Germany  
 A.I.A. S.p.A., Italy  
 FCC AQUALIA SA, Spain  
 BIORIZON BIOTECH S.L., Spain  
 CIB-CONSORZIO ITALIANO BIOGAS E GASSIFICAZIONE  
 UNIVERSIDAD DE ALMERIA, Spain

**Contacto:**

F. Gabriel Acién (facien@ual.es)

**Fuente de financiación:**

European Union's Horizon 2020 Research and Innovation program under the Grant Agreement No. 727874

**Duración:**

December 2016 – November 2020

**Situación**

En desarrollo.

**Resumen:**

SABANA tiene como objetivo el desarrollo de una biorefinería integrada de microalgas a gran escala para la producción de bioestimulantes, biopesticidas y aditivos para piensos, además de los biofertilizantes y la acuicultura, utilizando únicamente agua marina y nutrientes de las aguas residuales. El objetivo es lograr un proceso de residuos cero en una escala de demostración de hasta 5 ha sostenibles tanto desde el punto de vista medioambiental como económico. Se utilizará un Centro de Demostración de esta biorefinería para demostrar la tecnología, evaluar las características operativas del sistema, evaluar los impactos ambientales y colaborar con los clientes potenciales para su uso.

**Objetivos:**

El objetivo de SABANA es desarrollar y demostrar una biorefinería sostenible basada en microalgas para producir una gama de productos de valor agregado (bioestimulantes, biopesticidas y aditivos para acuíferos) y productos de bajo valor (biofertilizantes, aquafeed) para la agricultura y la acuicultura. El agua y la recuperación de nutrientes de aguas residuales (aguas residuales, centros y estiércol de cerdo), cumpliendo con requisitos de mercado (calidad, precio, regulaciones) y sociales (aceptación, capacitación, habilidades). Proporciona una solución a tres problemas clave de actualidad en la UE: i) mejora de la seguridad y sostenibilidad de la producción de alimentos en la agricultura y la acuicultura, ii) problemas de contaminación derivados de la diseminación de nutrientes y escasez de fósforo, y iii) De las emisiones de gases de efecto invernadero procedentes de los residuos (aguas residuales y gases de combustión).

#### 2.6.9.12 Bioplastics production from carbon captured in household waste incineration fumes (SETEC)

**Participantes:**

Universidad de Almería.  
 SETEC Environnement (France)

**Contactos:**

F. Gabriel Acién Fernández (UAL), facien@ual.es

**Fuente de financiación:**

Contrato privado

**Duración:**

May 2016– May 2018.

**Situación:**

Prorrogado

**Resumen:**

Setec Environnement ha firmado un contrato de investigación y desarrollo con Sycdom, el Sindicato Intercomunitario de Tratamiento y Reciclaje de Residuos Intercomunales (denominado en lo sucesivo «Sycdom»), cuyo objetivo es el proyecto de producción de bioplásticos a partir de carbono capturado en los humos de incineración de residuos domésticos (en lo sucesivo denominado «PROYECTO»). Setec Environnement solicita a la UNIVERSIDAD DE ALMERIA, que está de acuerdo, prestar su apoyo como subcontratista para la realización de misiones experimentales de selección de microalgas.

**2.6.9.13 Biorefinería a pequeña escala de aplicación in-situ en entornos rurales con actividad mixta agrícola y ganadera (BIOREFINA)****Participantes:**

Universidad de Almería.  
SISTEMA AZUD S.A.  
MIGUEL GARCÍA SÁNCHEZ E HIJOS, S.A.

BIORIZON BIOTECH S.L.  
J. BOUZADA INGENIEROS S.L.U.  
Fundación Cajamar

**Contactos:**

F. Gabriel Ación Fernández (UAL), [facien@ual.es](mailto:facien@ual.es)

**Fuente de financiación:**

INTERCONNECTA 2016, Ministerio de Economía y Competitividad

**Duración prevista:**

Noviembre de 2016– Noviembre 2018.

**Situación:**

Completado

**Resumen:**

El proyecto tiene por objeto desarrollar la tecnología “bioREFINA” o proceso de tratamiento de residuos agroindustriales para su transformación en bioproductos que puedan reutilizarse en explotaciones hortofrutícolas, de acuerdo con el modelo de biorefinería. Los tres bioproductos a obtener son: una enmienda orgánica “funcional” para mejorar la calidad del suelo de cultivo, un fertilizante líquido para fertirrigación y un biofertilizante rico en aminoácidos y hormonas vegetales de base microalgal. De este modo, la explotación hortofrutícola pasaría de comprar fertilizantes a terceros, a producir sus propios biofertilizantes elaborados a partir de los residuos generados, mejorando su sostenibilidad económica y medioambiental. Una de las características de los fertilizantes de bioREFINA será su elevada calidad higiénica, imprescindible para la seguridad de las frutas y hortalizas que se comercializan en mercados del centro y norte de Europa, especialmente exigentes en este ámbito. Además, bioREFINA genera un biocombustible, biogás, que se empleará como fuente de calor renovable para alcanzar la autosuficiencia energética de los procesos de transformación.

**Objetivo:**

El objetivo general del proyecto es desarrollar una planta de tratamiento de biomasa agrícola basada en el concepto de biorefinería, para ser instalada en explotaciones hortofrutícolas permitiendo la producción y auto-consumo de bioenergía y biofertilizantes de reducida huella ambiental y alta calidad higiénica.

**2.6.9.14 Production of biopesticides from cyanobacteria for their use in agriculture (ALGAE4CONTROL)****Participantes:**

Universidad de Almería.  
BIORIZON BIOTECH S.L.  
Fundación Cajamar

**Contacto:**

F. Gabriel Ación Fernández (UAL), [facien@ual.es](mailto:facien@ual.es)



**Fuente de financiación:**

RETOS COLABORACION 2017, Ministerio de Economía y Competitividad

**Duración:**

October 2018– September 2021.

**Situación:**

En desarrollo.

**Resumen:**

El proyecto ALGAE4CONTROL tiene como objetivo desarrollar formulaciones de biopesticidas basadas en el uso de metabolitos antimicrobianos de cianobacterias (microalgas) para uso agrícola como fitosanitarios naturales de origen biológico y sostenible en comparación con agentes microbianos fitopatógenos. Este es un proyecto de investigación implementado por la compañía de biotecnología Bioripple Biotech S.L., que también incluye dos organizaciones de investigación, como la Universidad de Almería y la Fundación Jamar. Biocurly Biotech S.L. Se especializa en el desarrollo y comercialización de nuevos productos de uso agrícola que permitan mejorar la sostenibilidad y la rentabilidad de la producción intensiva de plástico y otros cultivos extensivos, siendo la principal empresa europea en el desarrollo de biorrefechos y bioestimulantes a partir de microalgas. En esta línea la compañía está interesada en desarrollar productos basados en metabolitos inhibidores del crecimiento de agentes microbianos fitopatógenos para suelos y plantas. Este tipo de compuestos de bioplaguicidas presentes en algunas microalgas se han reportado en la bibliografía, pero en este momento no hay un solo producto de bioplaguicidas de estas características en todo el mercado mundial. Esto se debe a que es difícil acceder a la fuente de la materia prima y cuyo efecto positivo no se ha contrastado lo suficiente y no se muestra en condiciones reales. Por eso, en el proyecto ALGAE4CONTROL se pretende resolver estos problemas al abordar todas las etapas de caracterización, producción y aplicación de este tipo de extractos de cianobacterias, demostrando finalmente las ventajas de este tipo de bioproductos tanto en la rentabilidad como en la sostenibilidad de la producción agrícola.

**Objetivo:**

El objetivo general del proyecto es desarrollar nuevos bioplaguicidas a partir de microalgas como alternativa a los pesticidas químicos para la prevención de enfermedades en plantas y protección de cultivos.

**2.6.10 Participación en Redes durante 2018**

EUALGAE COST action supported by the EU Commission. From 2017 to 2019.

**2.6.11 Transferencia y Actividades Complementarias****2.6.12 Actividades de Difusión**

Curso MOOC titulado "Biotecnología de Microalgas" de la Universidad de Almería, que se impartido en su primera edición a través de la plataforma Miriada X ([www.miriadax.net](http://www.miriadax.net)).

**2.6.13 Proyectos solicitados durante 2018**

Solicitud: Junta de Andalucía. Convocatoria RETOS (BOJA nº203 18/10/2018)

Referencia: 201899905428345

Centro: CIESOL

Título: Algae for Nutrient recycle, Sustainable Water reuse and bioFertilizer pRoduction (Algas para el reciclado de nutrientes, la reutilización sostenible del agua y producción de biofertilizantes). ANSWER  
Entidad Solicitante: Universidad de Almería

Solicitud FEDER INTERCONECTA

Referencia: SOL-00112034

Centro: CIESOL

Título: MEJORA DE LA CALIDAD NUTRICIONAL DE ALIMENTOS PARA ACUICULTURA MEDIANTE LA INCORPORACIÓN DE HIDROLIZADOS DE MICROALGAS ENRIQUECIDOS EN MICROORGANISMOS PROBIÓTICOS

Entidad Solicitante: Global Feed S.L.

Solicitud LIFE Environment and Resource Efficiency project application

Referencia: LIFE ULISES

Centro: CIESOL

Título: Upgrading wastewater treatment plants by Low cost Innovative technologies for energy SELF-Sufficiency and full recycling

Entidad Solicitante: AQUALIA

Solicitud de LIFE Environment and Resource Efficiency project application

Referencia: LIFE-BIORESTEC

Centro: CIESOL

Título: Coupling biocrust-forming cyanobacteria with phytostabilization for the restoration of trace elements contaminated soils

Entidad Solicitante: Ayuntamiento de La palma del Condado.

Solicitud: Research Fund for Coal and Steel, Call RFCS-2018

Referencia: Topic RFCS-01-2018; Type of action: RFCS-RPJ; Proposal number: 847291

Centro: CIESOL

Título: REcovery of critical metals from coal MINE waste in the framework of circular economy

Entidad Solicitante: CENTRE FOR RESEARCH AND TECHNOLOGY HELLAS CERTH

Solicitud: MINISTERIO DE CIENCIA, INNOVACIÓN y UNIVERSIDADES, Programa Estatal de I+D+i Orientada a los Retos de la Sociedad

Referencia: 915299495-99495-45-518

Centro: CIESOL

Título: Microalgas para la producción sostenible de bioproductos y agua regenerada

Entidad Solicitante: Universidad Politécnica de Cataluña (Coordinado)/ UAL (subproyecto)

Solicitud: European Comission

Referencia: SUSAFood

Centro: CIESOL

Título: SUSTAINABLE RECOVERY OF NUTRIENTS AND VALUABLE PRODUCTS FROM ANIMAL MANURE FOR THE ENHANCEMENT OF FOOD PRODUCTION IN EUROPE (SUSAFood)

Entidad Solicitante: UAL

Solicitud: Junta de Andalucía. PROYECTOS SECTORIALES DE INVESTIGACIÓN E INNOVACIÓN TECNOLÓGICA (AVA2019)

Referencia: PP.AVA.AVA2019.039

Centro: CIESOL

Título: Nuevas tecnologías en la horticultura protegida: Eficiencia en el uso de los recursos naturales y la energía procedente de fuentes renovables

Entidad Solicitante: IFAPA

#### **2.6.14 Otros**

### 3. INFRAESTRUCTURAS Y CAPACIDADES CIENTÍFICO-TECNOLÓGICAS DEL CENTRO

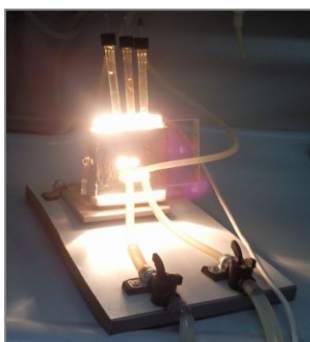
Desde su creación, el centro ha ido incrementado gradualmente el número y capacidades de sus infraestructuras científico-tecnológicas. El amplio y avanzado equipamiento con el que se cuenta, otorga la posibilidad de ofertar un servicio de calidad y alta competitividad.

Continuamente nuestro centro está tratando de mejorar, optimizando en lo posible nuestras instalaciones y remodelando infraestructuras deterioradas u obsoletas.

#### 3.1 INSTALACIONES E INFRAESTRUCTURAS DEL ÁREA DE APROVECHAMIENTO QUÍMICO DE LA ENERGÍA SOLAR

**Autotrace.** El Autotrace es un sistema de extracción automatizado de líquidos en fase sólida (SPE) diseñado para la extracción de compuestos orgánicos a nivel de trazas en aguas o matrices acuosas. Permite concentrar analitos partiendo de grandes volúmenes de muestra (de 20 ml a 4 l), automatizando los cuatro pasos de la SPE (acondicionamiento, carga, enjuague y elución), lo que reduce el consumo de disolvente y mejora la recuperación y reproducibilidad.

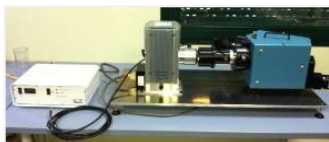
**XcelVap.** El sistema automatizado de evaporación XcelVap es un equipo que proporciona una rápida y suave evaporación de hasta 54 extractos de muestras que varían en tamaño (hasta 200 ml). La evaporación se lleva a cabo mediante la combinación de calor constante, burbujeo de gas controlado y la ventilación activa de los vapores de disolvente. Con el sistema XcelVap se pueden preparar extractos reproducibles para el análisis cromatográfico (GC/MS, LC/MS, GC, LC) en menos tiempo y con menor necesidad de atención, mejorando la productividad del laboratorio.



**Sistema micromolar fotoquímico.** El reactor micromolar fotoquímico es un sistema que permite irradiar de forma controlada un pequeño volumen de un sistema químico reactivo, tanto homogéneo como heterogéneo, utilizando como fuente de radiación la luz solar o, en su defecto, lámparas artificiales de luz halógena, es idóneo para estudiar las reacciones fotoquímicas a tiempo real o muy corto. De este modo se evita cualquier perturbación en el medio de reacción y se controla de forma constante todos los parámetros externos que puedan influir en la reacción

#### Espectrofotómetros

- Espectrofotómetro de fluorescencia Fluoromax-4 Horiba Jobin Yvon
- Espectrofotómetro UV-Vis JASCO V650
- Espectrofotómetro UV-Vis Hach Lange



**Irradiador de tubos de RMN.** Se usa principalmente para estudiar mecanismos de reacción mediados por luz, identificación de especies intermedias y cinética de reacción

**Carruseles de reacción.** Los carruseles de reacción constan de doce tubos con tapa de teflón para trabajar en varios tipos de atmósfera de reacción, con un refrigerante en la parte superior de los tubos para condensación de líquidos. La temperatura de trabajo va desde temperatura ambiente hasta 300°C. Cada tubo se agita individualmente.

Se usa principalmente para hacer estudios catalíticos variando atmósfera de reacción, tiempo de reacción y temperatura de reacción.

**Cromatógrafo Líquido de Alta Presión (UPLC Agilent Technologies series 1200).** El equipo permite el análisis de sustancias presentes en medios acuosos y orgánicos con alta precisión y con tiempos relativamente cortos de análisis mediante cromatografía inversa debido a su capacidad para trabajar a alta presión. Este dispositivo es utilizado para la detección de contaminantes presentes en el agua y permite estudiar la eliminación de los mismos.



**Cromatógrafo de Gases SHIMADZU GC-2010.** El cromatógrafo de gases está equipado con una columna capilar Supelco SP-2330, con un detector FID, con posibilidad de inyección de muestra split/splitless. Se usa principalmente para separar e identificar sustancias orgánicas producidas en procedimientos catalíticos con compuestos organometálicos y como fuente de energía la luz solar y/o la térmica.

**Espectrómetro de masas AB SCIEX QTRAP 5500 LC/MS/MS.** Se trata de un espectrómetro de masas híbrido cuadrupolo-trampa de iones lineal acoplado a cromatografía líquida de alta resolución. Proporcionan excelente sensibilidad en full scan, MS/MS y MS<sup>3</sup>. Se aplica a la determinación de microcontaminantes orgánicos (plaguicidas, contaminantes emergentes, etc.) presentes en muestras de aguas residuales y otras matrices medioambientales, así como al seguimiento de los mismos durante los ensayos de degradación



**TripleTOF™ 5600+.** El sistema TripleTOF™ 5600+ de AB SCIEX, trae consigo un significativo avance en LC-MS-MS. Integra en un solo equipo una exploración cualitativa, y una cuantificación de alta resolución de analitos en baja concentración en matrices complejas. Combina la más alta sensibilidad de detección, una elevada resolución, una velocidad de obtención de datos al menos 5 veces superior a cualquier otro instrumento, y una exactitud de masas estable (~1 ppm) a largo plazo.



**Espectrómetro de masas triple cuadrupolo BRUKER 320MS acoplado al cromatógrafo de gases BRUKER 450GC.** Este sistema cromatográfico es complementario a los anteriores ya que permite análisis de compuestos orgánicos de baja/media polaridad. Se aplica especialmente a la determinación de niveles traza de contaminantes como fragancias sintéticas, plaguicidas, PAH, etc.

**Cromatógrafo Iónico (Metrohm 881 Compact IC Pro).** Este cromatógrafo permite el análisis preciso de aniones o cationes en concentraciones de µg/L a g/L, con límites de detección <1 µg/L. Este sistema es fundamental para la caracterización de efluentes acuosos con los que se lleva a cabo la experimentación, ya que la presencia de ciertos cationes como fosfatos y cloruros afectan a los procesos de descontaminación de aguas llevados a cabo (procesos de Fenton y foto-Fenton solar).



**Analizadores de carbono orgánico total (TOC).** Este equipo permite determinar el carbono y el nitrógeno disueltos. En el laboratorio es usado para la determinación de carbono orgánico e inorgánico y nitrógeno disuelto en muestras líquidas de aguas residuales para evaluar su depuración cuando se le aplica un tratamiento oxidativo.



**Analizador de la demanda biológica de oxígeno (DBO).** La demanda biológica de oxígeno (DBO mg O<sub>2</sub> /L) determina los requerimientos relativos de oxígeno de aguas residuales efluentes y aguas contaminadas para su degradación biológica. Esta medida expresa el grado de contaminación de una agua residual por materia orgánica potencialmente biodegradable bajo condiciones aeróbicas. Se emplea para controlar la mejora de la biodegradabilidad de efluentes tóxicos tratados con procesos fotocatalíticos.

**Analizador de la demanda química de oxígeno (DQO).** Se emplea para estimar la cantidad de materia orgánica presente y su estado de oxidación. La combinación de esta medida con la DBO y el TOC permite una buena caracterización global de la calidad de un agua residual



**Simulador solar Suntest cPS+ de Atlas.** Este dispositivo simula el espectro solar, permitiendo la experimentación a escala de laboratorio, haciéndose fundamental en pruebas iniciales previas a la escala piloto.



**Plantas piloto.** Contamos con cuatro plantas piloto para el tratamiento de aguas contaminadas empleando el proceso foto-Fenton (generalmente). Operan con irradiación solar directa y cuentan con radiómetros para registrar la radiación incidente en cada caso.

**Reactores biológicos.** Se emplean para simular los distintos procesos biológicos de depuración de aguas

- De membrana Plana (MBR)
- De fibra hueca (MBR)
- Reactor biológico batch (SBR)
- Reactor biológico de membrana SiClaro® 8PE de Martin Systems AG

**Planta de ensayos de destilación por membranas con energía solar,** situada en la azotea del edificio central de la UAL.





### 3.2 INSTALACIONES E INFRAESTRUCTURAS DEL ÁREA DE APROVECHAMIENTO ENERGÉTICO DE LA ENERGÍA SOLAR

Durante el año 2018 se ha seguido implementado el módulo piloto del en el patio de CIESOL correspondiente al proyecto de infraestructura científica titulado "Módulo piloto polivalente para evaluación optimización y mejora de los sistemas de frigoconservación agroalimentaria con energías renovables" (UNAM13-1E-2532) en el patio del CIESOL se instaló. Dicha instalación está compuesta por tres módulos principales complementarios entre sí, y de una sala de supervisión y control común en donde se instaló un sistema experto de adquisición de datos, monitorización y control remoto flexible como herramienta de gestión, supervisión y evaluación de los ensayos a realizar dirigidos a caracterizar el modelo sostenible a implantar. La instalación está alimentada por un areogenerador y un sistema fotovoltaico.



Fig. 3.2.2. Sistema híbrido que consiste en un areogenerador (izquierda) y un sistema fotovoltaico (derecha) instalado enfrente de la entrada principal del edificio CIESOL y en su patio, respectivamente, siendo la parte integral del proyecto UNAM13-1E-2532.

La unidad de modelado y control dispone del siguiente equipamiento

- Cámaras y sistemas de visión. Cámara Marlin F-033C ½", cámara Intel VC4018/C. Sistema de adquisición de datos y visión artificial de National Instrument CompactRIO.
- Sistemas de desarrollo para sistemas electrónicos embebidos basados en FPGA de Altium Designer y herramientas de desarrollo para Sistemas de Tiempo Real de Keil (procesadores de 8, 16 y 32 bits).
- Sistemas embebidos basados en plataformas PC104 y sistemas operativos embebidos de tiempo real Linux y WindowsXP.
- Herramientas software para el desarrollo de modelos matemáticos y algoritmos de control avanzado. Dymola, Matlab/Simulink, librerías NAG y Mathematica.
- Puesto de instrumentación electrónica avanzado formado por una fuente de alimentación programable Metrix AX3222, multímetros de precisión Grundig DM100 y de mano Metrix MTX3281, analizador lógico para PC AT-LA500, temporizador y contador de precisión Pendulum CNT-90, estación de soldadura AOYUE 701, década de resistencias Chauvin & Arnoux P03197528A, osciloscopio de fósforo digital Tektronix TDS3014B, osciloscopio digital Tektronix TDS2014 y generador de funciones Tektronix AFG3022.
- Cluster Beowulf de 13 nodos para simulación y control distribuido de procesos termosolares.



## 4. COMITÉS Y RESPONSABLES DE ACTIVIDADES.

### 4.1 DIRECCIÓN DEL CENTRO

|                    |                                                                                                                   |
|--------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Director</b>    | <b>José Antonio Sánchez Pérez</b><br>Catedrático de Ingeniería Química, Universidad de Almería<br>jsanchez@ual.es |
| <b>Subdirector</b> | <b>Sixto Malato Rodríguez</b><br>Profesor de Investigación de O.P.I., CIEMAT<br>sixto.malato@psa.es               |

### 4.2 RESPONSABLES DE ACTIVIDADES

| Actividad                            | Universidad de Almería (UAL)                                              | Plataforma Solar de Almería (PSA)                                                           |
|--------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Organometálica y Fotoquímica</b>  | <b>Antonio Romerosa</b><br>Catedrático de la UAL<br>romerosa@ual.es       | <b>Christoph Richter</b><br>Investigador de DLR en la PSA<br>christoph.richter@dlr.de       |
| <b>Análisis Ambiental</b>            | <b>Ana Agüera</b><br>Catedrática de la UAL<br>aaguera@ual.es              | <b>Isabel Oller</b><br>Investigadora de O.P.I. CIEMAT<br>isabel.oller@psa.es                |
| <b>Regeneración de Aguas</b>         | <b>José A. Sánchez</b><br>Catedrático de la UAL<br>jsanchez@ual.es        | <b>Manuel I. Maldonado</b><br>Investigador de O.P.I. CIEMAT<br>mignacio.maldonado@psa.es    |
| <b>Modelado y Control Automático</b> | <b>Manuel Berenguel</b><br>Catedrático la UAL<br>beren@ual.es             | <b>Luis Yebra</b><br>Investigador de O.P.I. CIEMAT<br>luis.yebra@psa.es                     |
| <b>Desalación y Fotosíntesis</b>     | <b>José M. Fernández</b><br>Profesor Titular de la UAL<br>jfernand@ual.es | <b>Dr. Guillermo Zaragoza</b><br>Investigador de O.P.I. CIEMAT<br>guillermo.zaragoza@psa.es |
| <b>Frío Solar</b>                    | <b>Javier Batlles</b><br>Profesor Titular de la UAL<br>fbatlles@ual.es    |                                                                                             |

### 4.3 COMITÉ DE COORDINACIÓN Y SEGUIMIENTO

|                                                                                 |                      |
|---------------------------------------------------------------------------------|----------------------|
| <b>Diego Valera</b> (Vicerrector de Investigación de la Universidad de Almería) | vinvest@ual.es       |
| <b>Manuel Berenguel</b> (Catedrático de la Universidad de Almería)              | beren@ual.es         |
| <b>Julián Blanco</b> (Director de la Plataforma Solar de Almería, CIEMAT)       | julian.blanco@psa.es |
| <b>Eduardo Zarza</b> (Profesor de Investigación de CIEMAT)                      | eduardo.zarza@psa.es |



#### 4.4 COMITÉ CIENTÍFICO

**Ángela Fernández Curto**

af.curto@ciencia.gob.es

Subdirectora General Adjunta de Grandes Infraestructuras Científico Técnicas  
Ministerio de Ciencia, Innovación y Universidades, Gobierno de España

**Sebastián Dormido**

sdormido@dia.uned.es

Catedrático de Informática y Automática de la UNED

**Ana María Amat Payá**

aamat@txp.upv.es

Catedrática de la Universidad Politécnica de Valencia

**David Serrano**

david.serrano@imdea.org

Catedrático de Ingeniería Química y Director de IMDEA-Energía