

El potencial de la I+D en Tecnología de **microalgas** en el sector agro-alimentario y cosmético

Silvia Bolado Rodríguez (silvia.bolado@uva.es)

Raúl Muñoz Torre (raul.munoz.torre@uva.es)

Instituto de Procesos Sostenibles - Universidad de Valladolid

Instituto de Procesos Sostenibles (ISP)

- El ISP es un instituto de investigación de la Universidad de Valladolid dedicado a dar solución a problemas ambientales y a la **mejora de procesos industriales** mediante el desarrollo de **tecnologías sostenibles** y de herramientas de **control y automatización**.
- El ISP se está consolidando como centro líder en la investigación e innovación para el **desarrollo de una economía sostenible**, una economía basada en la adecuada gestión y aprovechamiento tanto de los **recursos naturales** como de los **residuos**, que permita mejorar la **competitividad del sector industrial**.

Áreas de investigación

MEDIOAMBIENTE LIMPIO



ENERGÍA VERDE



APROVECHAMIENTO DE RECURSOS



INDUSTRIA COMPETITIVA, ÓPTIMA Y EFICIENTE

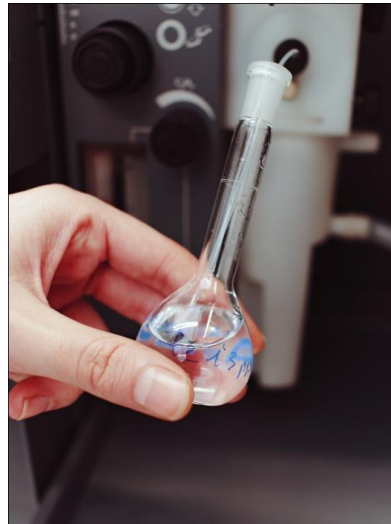


Medioambiente limpio

Trabajamos en el desarrollo de procesos sostenibles para la **minimización, tratamiento, recuperación y valorización de residuos**. La mayoría de estos procesos se basan en el uso de **biotecnologías** que, comúnmente, tienen **bajo coste**, presentan altos rendimientos y menor **impacto ambiental** que las tecnologías fisicoquímicas.



Tratamiento de aguas residuales



Eliminación de contaminantes emergentes



Procesos basados en microalgas

Aprovechamiento de recursos

Estamos centrados en la transformación de fuentes de carbono renovables, incluyendo **subproductos de la industria agroalimentaria**, en productos de alto valor añadido, mediante el desarrollo de aplicaciones biotecnológicas.



Métodos analíticos para diferentes matrices



Pretratamiento de biomasa lignocelulósica



Valorización de residuos agroalimentarios



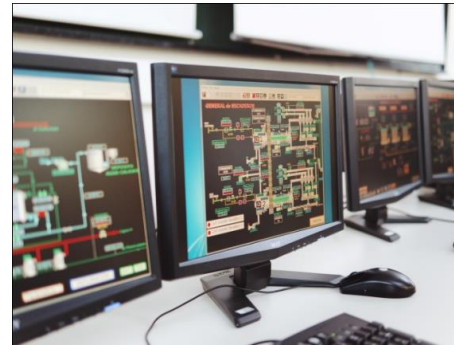
Producción de biocombustibles: bioetanol y biodiésel

Industria competitiva, óptima y eficiente

Ofrecemos soluciones a problemas relacionados con el modelado y control de procesos avanzados desde diferentes perspectivas, lo que se integra en lo que se conoce como “Ingeniería de Procesos y Sistemas” e “Informática Industrial”.



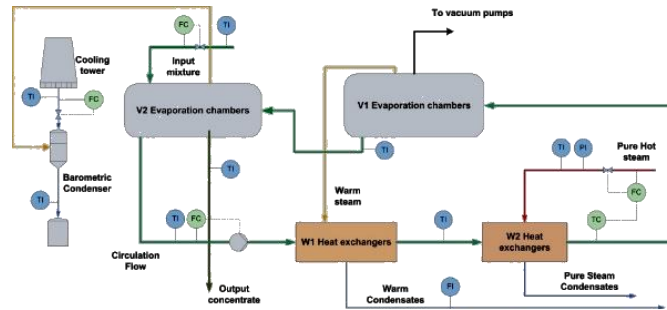
Modelado y simulación de procesos



Control avanzado de procesos



Supervisión de procesos



Informática industrial



Enseñanza sobre control automático

El ISP en números

Recursos humanos

151 miembros

- 32 Investigadores Permanentes
- 33 Investigadores Postdoctorales
- 62 Investigadores Predoctorales
- 24 Ayudantes de Investigación

55% Mujeres
45% Hombres

Financiación (2018-2023)	Nº de proyectos	Presupuesto
Proyectos Regionales	17	2.396.356,00 €
Proyectos Nacionales	34	5.190.513,81 €
Proyectos Internacionales	11	3.316.747,57 €
Fondos Privados	70	2.679.555,26 €
TOTAL	132	13.583.172,64 €

Proyectos internacionales

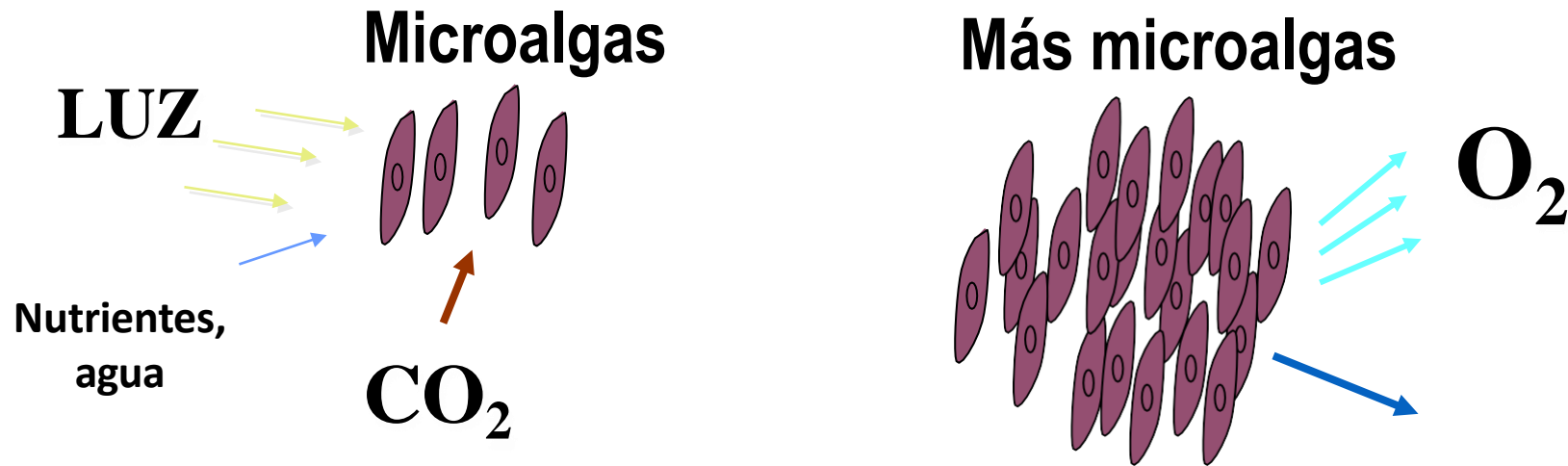


Fondos privados

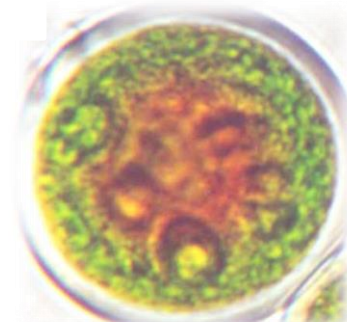
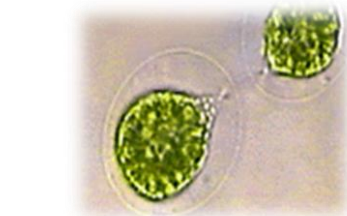
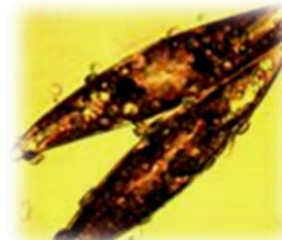
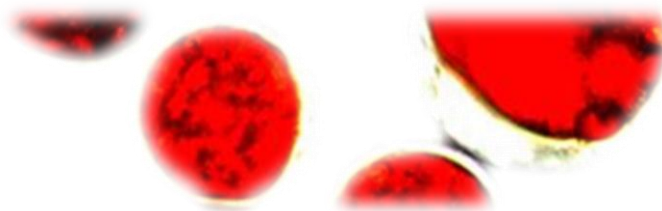


El potencial de la I+D en Tecnología de microalgas en el sector agro-alimentario y cosmético

¿Qué son las Microalgas y Cianobacterias?

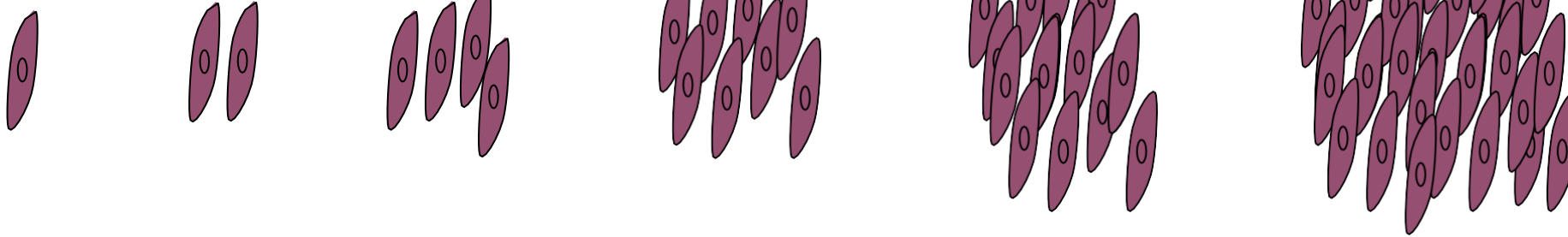


- **Microorganismos Unicelulares Foto-autotróficos**
- **Producción anual en 2021 (25000 tn /año) (Vazquez Romero 2022)**
- **Fotótrofos (aunque flexibles): su fuente de energía es la luz**
- **Autótrofos: Su fuente de carbono es el CO₂**
- **Existen microalgas heterótrofas: crecen en carbono orgánico**

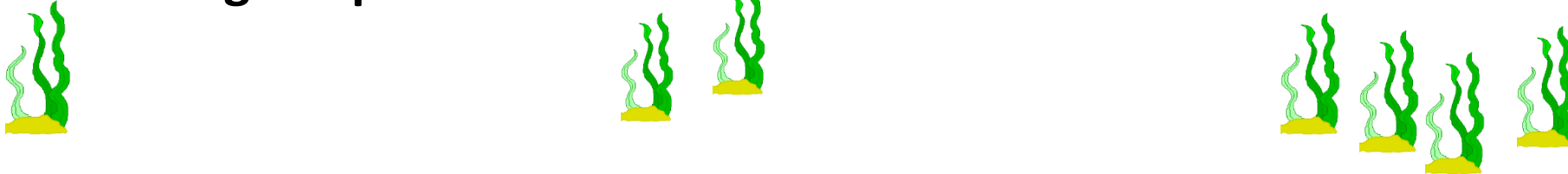


¿Qué son las Microalgas y Cianobacterias?

• Microalgas

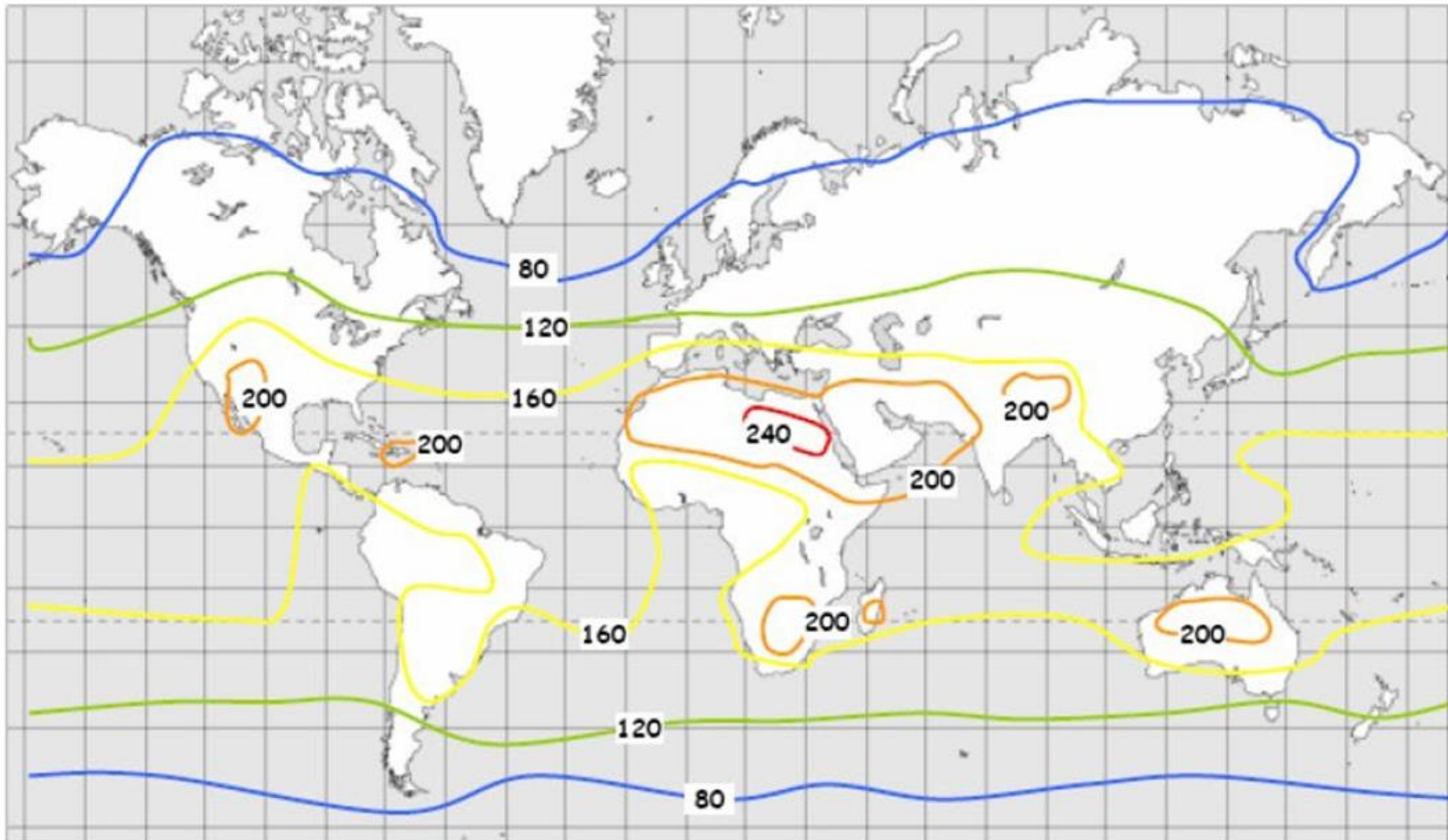


• Macroalgas o plantas



- **Microalgas: tiempo corto de duplicación = gran velocidad de crecimiento**
- **No necesitan suelo cultivable**
- **Elevada eficiencia fotosintética (referenciada hasta el 20%)**

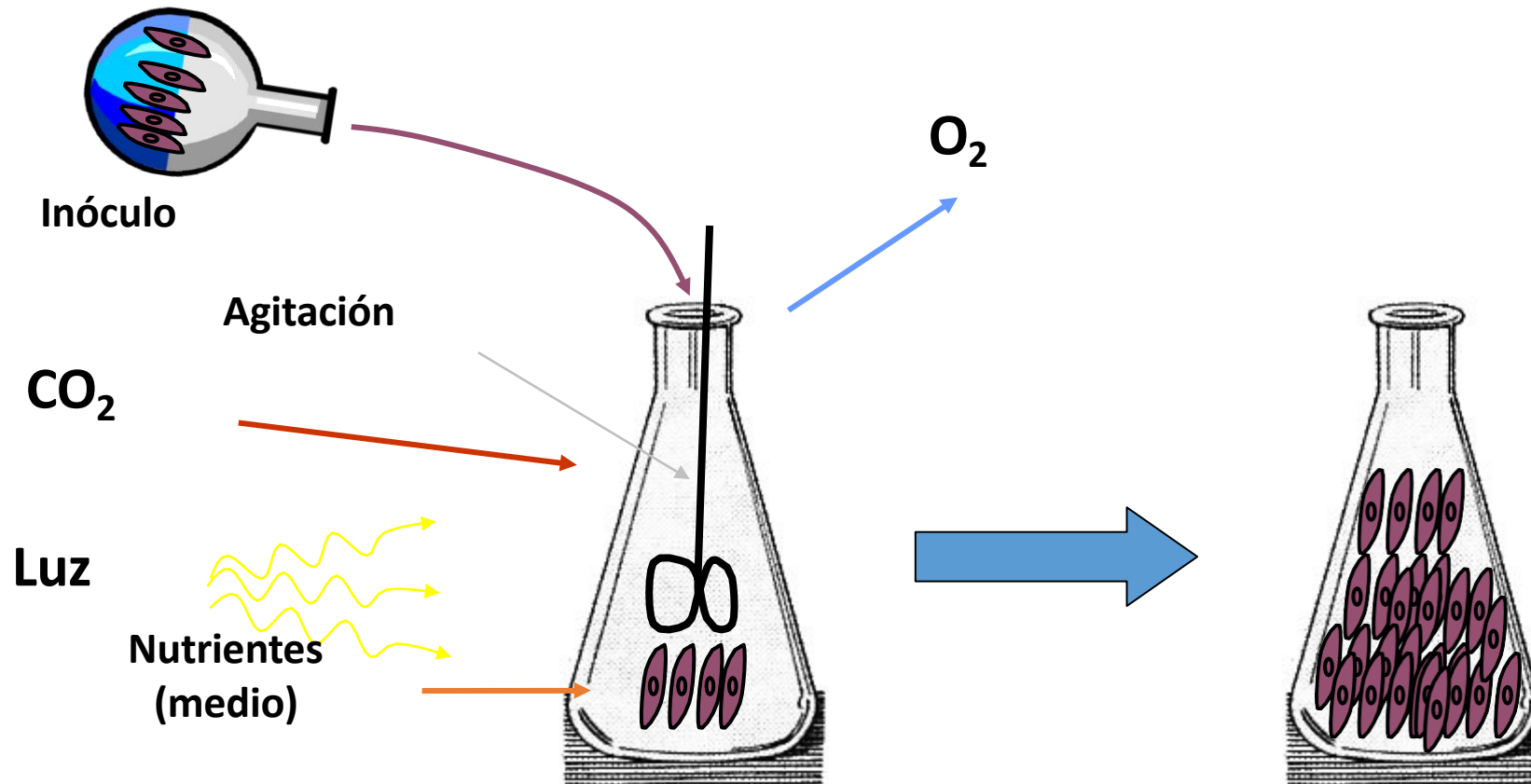
Alto potencial de producción de biomasa



World map of algae biomass productivity ($\text{tonnes ha}^{-1} \text{ year}^{-1}$) at 5% photosynthetic efficiency considering an energy content of 20 MJ kg^{-1} dry biomass. From Tredici 2010.

Cultivo de Microalgas y Cianobacterias

- Cultivos: multiplicación (casi) ilimitada del inóculo
- Proveer las necesidades de las microalgas para posibilitar el crecimiento



Cultivo de Microalgas y Cianobacterias

- Suministrar los *elementos* para que la fotosíntesis genere biomasa fototrófica

- Los cuatro elementos mayoritarios de la materia viva

- ✓ Oxígeno

- ✓ Hidrógeno

- ✓ Nitrógeno

- ✓ Carbono

- Otros elementos mayoritarios

- ✓ Fósforo

- ✓ Azufre

- ✓ Magnesio

- ✓ Iones del medio (K^+ , Na^+ , Cl^- , ...):

Cultivo de Microalgas y Cianobacterias

Tipos de biomasa algal

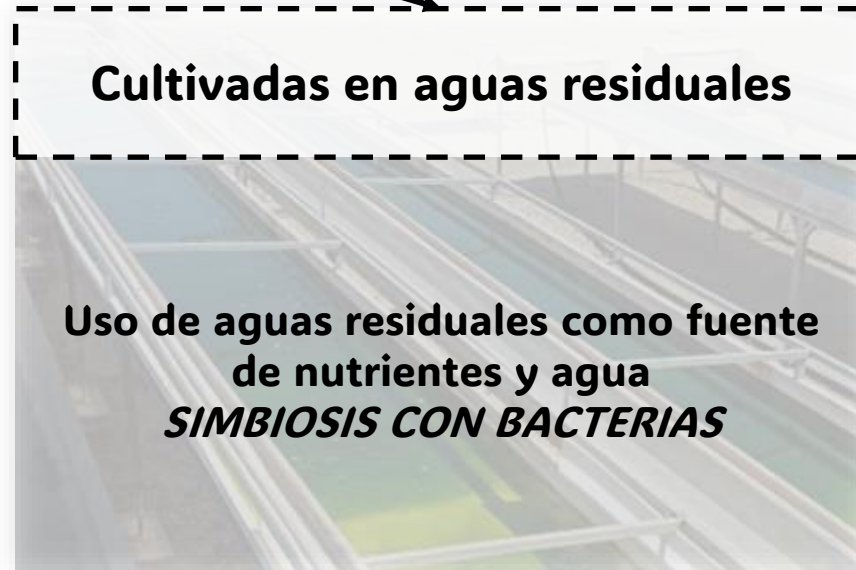
Cultivadas en medio sintético o subproductos controlados

Medio compuesto por ingredientes y nutrientes químicos a concentraciones determinadas

Medios orgánicos generados a partir de la hidrólisis enzimática de subproductos sólidos agro-industriales

Cultivadas en aguas residuales

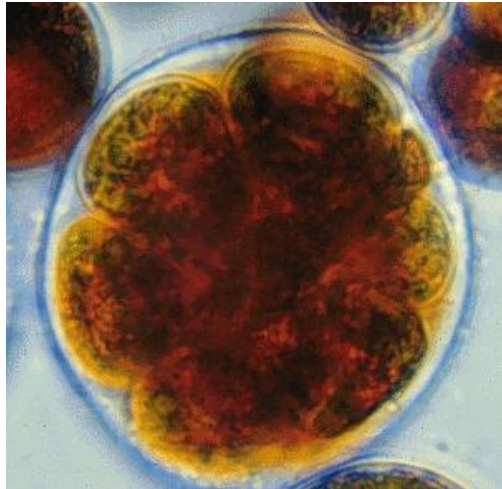
Uso de aguas residuales como fuente de nutrientes y agua
SIMBIOSIS CON BACTERIAS



Estado del Arte de la I+D+i en Microalgas y Cianobacterias

- Muchas especies catalogadas y disponibles
- Sólo unas pocas estudiadas y aprovechadas comercialmente
- Gran potencialidad de productos y aplicaciones por explorar

Haematococcus pluvialis



Dunaliella salina



Spirulina



Chlorella



- Sistemas de cultivo (Fotobiorreactores): Tecnología madura
- Operación: Necesidad de capacitación de operarios

Sistemas de Cultivo de Microalgas y Cianobacterias

Dos clases de sistemas de cultivo muy diferentes

- **Abiertos: cultivo en contacto con el medio ambiente**
 - ✓ Sistemas extensivos
 - ✓ Baja concentración de biomasa
 - ✓ Instalación barata
 - ✓ Menor control sobre la biomasa
 - ✓ Sólo apropiados para especies resistentes
- **Cerrados: cultivo aislado del medio ambiente**
 - ✓ Instalación cara
 - ✓ Alta concentración de biomasa
 - ✓ Sin contaminación (monoalgales e incluso axénicos)
 - ✓ Control eficiente
 - ✓ Eficaces con especies poco resistentes
 - ✓ Composición de la biomasa conocida y reproducible
 - ✓ Ensuciamiento

Fotobiorreactores abiertos

Tanques agitados



Lagos o sistemas naturales



Fotobiorreactores tipo carrusel



Sistemas de película fina



Fotobiorreactores cerrados

Bolsas de plástico



Fermentadores



Tubular



Placa plana



Columna



El momento de las **microalgas**



- **Microalgas como herramienta sostenible para la descarbonización: 1.82 tonelada de CO₂ por tn de microalgas**
- **Producción de biofertilizantes y bioestimulantes de microalgas conllevará una reducción en la huella de Carbono causada por fertilizantes químicos**

- **100 kg nitrógeno y 10 kg de fósforo recuperados por tonelada de microalgas**
- **Cultivo de microalgas en aguas residuales agro-industriales**
- **Microalgas como fuente de bioestimulantes y biofertilizantes**
- **Microalgas con fuente de bioproductos de alto valor añadido**

El potencial de las microalgas en La Ribera

Uso directo
Fuente de proteínas

Cultivo en medio
sintético o subproductos
controlados



Chlorella 41-58%



Carne 60-75%



Spirulina 60-71%



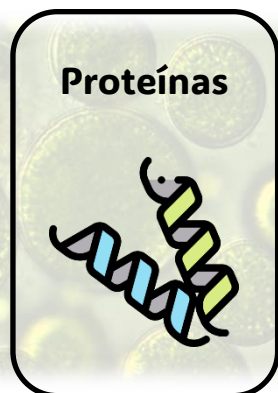
Soja 36%

200,000-800,000 especies (73,000 identificadas)
Preferencias de consumo vegetarianas y saludables
Preocupación medioambiental

Alimentos funcionales
Suplementos dietéticos
Nutracéuticos

El potencial de las microalgas en La Ribera

Cultivo en medio
sintético o
subproductos
controlados



Nutrición



Alimentación

Suplemento proteico



Alim. animal

Alimentación animales
Acuacultura

Farmacia/Nutracéutica



Anti-oxidantes
Anti-hipertensivos
Anti-cáncer
Antitrombosis

Anti-inflamatorios
Reguladores inmunológicos
Antimicrobianos
Antiosteoporosis

Cosmética

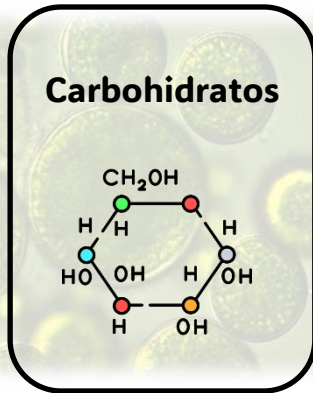


Pigmentos
Texturizante
Crema reafirmante
Hidratante
Tratamiento capilar
Protección UV



Tratamiento
enzimático

El potencial de las microalgas en La Ribera



Polisacáridos



Biocombustible

3ª generación



Alimentación

**Viscosificantes
Espesantes
Colorantes**



**Farmacia
Nutracéutica**

**Tejidos celulares
Anti-vírico
Anti-cancerígeno
Anti-inflamatorio
Digestivo**

**Cultivo en medio sintético
o subproductos controlados**

Polisacáridos sulfatados

**Anti-oxidante
Anti-coagulante
Anti-cáncer
Anti-vírico**



**Farmacia
Nutracéutica**



El potencial de las microalgas en La Ribera

Ventajas vs aceite pescado

Sin olor/sabor

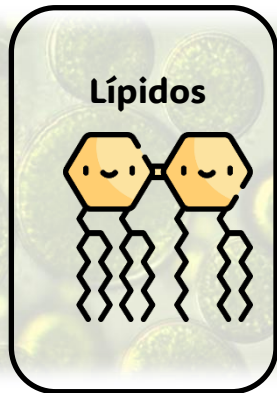
Sin colesterol

No acumula toxinas

Apto vegetarianos

Precio

Cultivo en medio sintético o subproductos controlados



PUFAs



Farmacia
Nutracéutica

Anti-oxidante
Anti-microbial
Anti-inflamatorio
Anti-diabetes
Anti-obesidad

Reducción riesgo coronario
Anti-arritmias
Anti-trombosis
Desarrollo cerebral
Desarrollo visión



Alim. animal

Alimentación animales
Acuicultura



Triglicéridos



Biocombustible

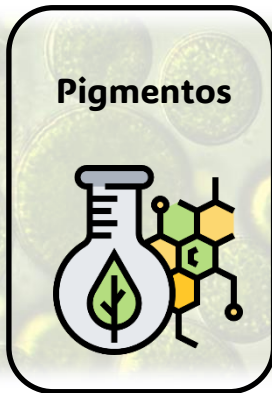
Biofuel de 3ª generación



El potencial de las microalgas en La Ribera

Cultivo en medio
sintético o
subproductos
controlados

Microalgas vs sintéticos
Mayor bioaccesibilidad
Mayor bioactividad
Menos impurezas perjudiciales



β -caroteno



Alimentación

Colorante alimentos
Aditivo



Cosmética

Protección al estrés
oxidativo



Farmacia
Nutracéutica

Anti-cancerígeno
Anti-cardiopatías
Control del colesterol
Protege hígado
Anti-diabetes



Luteína/clorofila

Anti-degenerativo
Anti-cancerígeno
Anti-oxidante
Anemia

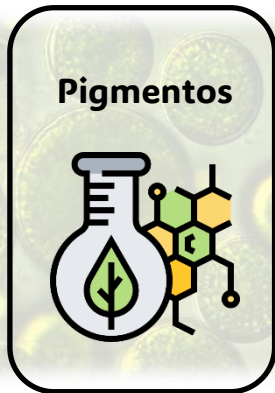


Farmacia
Nutracéutica

BIOMASA SINTÉTICA

Cultivo en medio
sintético o
subproductos
controlados



+ VITAMINAS B1, B2, B6, B12,
C, E, D3, K1, niacina, biotina,
ácido fólico
+ Minerales.....



Astaxantina

 Alimentación	 Protección oxidativa y rayos UV Cosmética
 Farmacia Nutracéutica	<p>Precursor hormonal Anti-inflamatorio Sistema inmunitario Stress fotooxidativo Anti-cáncer NEUROPROTECTOR.....</p>

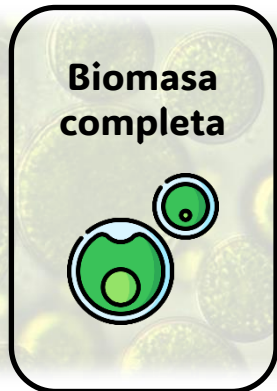
Fucoxantina

<p>Anti-diabético Anti-obesidad Anti-cancerígeno Anti-inflamatorio</p>	 Farmacia Nutracéutica
<p>Protección de la piel Cosmética</p> 	

El potencial de las microalgas en La Ribera

Cultivo en aguas
residuales

Tratamiento de
aguas y.....



Biomasa



Agricultura

**Biofertilizantes
Biopesticidas**



Biocombustible

**Producción de biogás y
biometano**

Biomasa



Alim. animal

**Alimentación animales
Acuicultura**

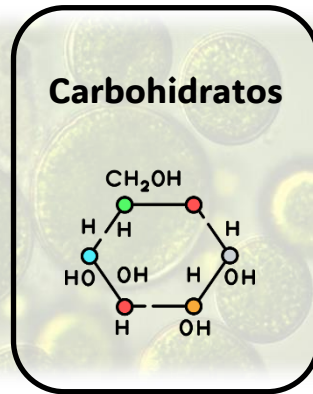
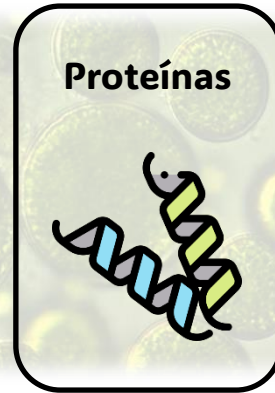
<https://doi.org/10.3390/w13010027>



El potencial de las microalgas en La Ribera

Cultivo en aguas
residuales

Tratamiento de
aguas y



Péptidos

The icon shows a factory with a green leaf and a circular arrow, representing industry. The word 'Industria' is written below the icon.

**Espumantes
Emulsionantes**

Mono y polisacáridos

The icon shows a factory with a green leaf and a circular arrow, representing industry. The word 'Industria' is written below the icon.

**Producción de
bioplásticos (PHAs)**

Centro I+D+i en Tecnología de Microalgas en la Ribera

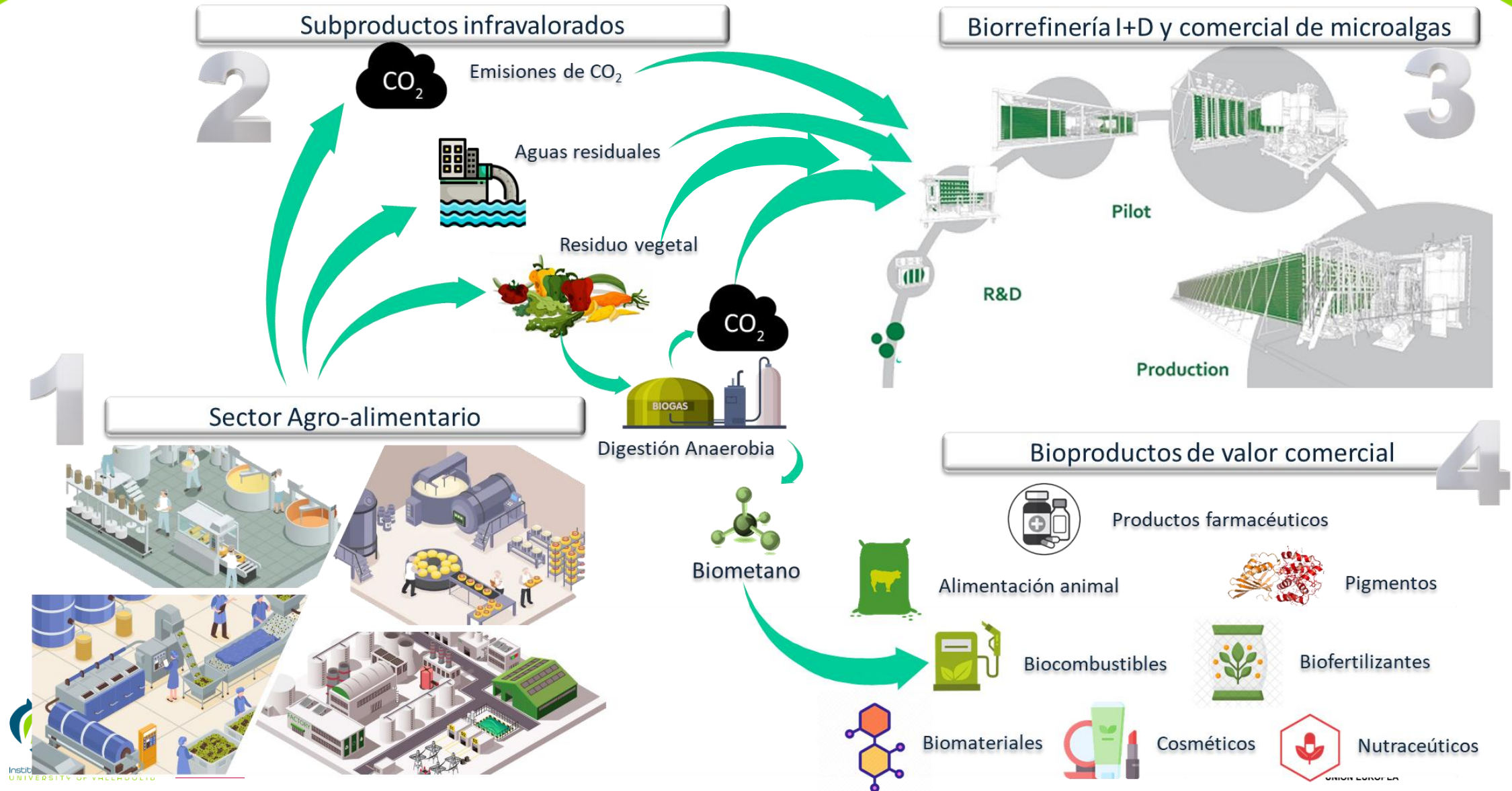
OBJETIVO GLOBAL:

Construcción de un centro de investigación de referencia internacional para el desarrollo de nuevos procesos y productos basados en microalgas.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

- El diseño, construcción y puesta en marcha en un espacio común (coliving) de una plataforma de investigación a escala laboratorio y piloto basada en biotecnología de microalgas para la investigación en productos generados a partir de microalgas cultivadas sobre sustratos no valorizados del sector agro-industrial.
- La bioprospección de la diversidad del ecosistema en el que se instalará la biorrefinería experimental y comercial de microalgas y de otros ambientes para el descubrimiento de nuevas microalgas con potencial de aplicación biotecnológica para la producción de nuevas sustancias de interés comercial.
- Desarrollo de nuevos productos de interés comercial y sostenibles basados en microalgas a partir de sustratos no valorizados del sector agro-industrial

Centro I+D+i en Tecnología de Microalgas en la Ribera



Retos en Tecnología de Microalgas

- Identificación de especies de microalgas nativas y bioproductos potenciales
- Optimización de condiciones de cultivo de microalgas para la optimización de bioproductos
- Evaluación del potencial como medio de cultivo de subproductos y efluente líquidos del sector agro-industrial
- Escalado de los procesos fotosintéticos para garantizar producciones estables 365 días al año
- Cosechado de bajo coste de microalgas
- Desarrollo de secuencias de extracción y purificación para cada bioproducto
- Garantizar seguridad de los bioproductos generados a partir de microalgas
- Falta de personal cualificado

Centro I+D+i en Tecnología de Microalgas en la Ribera



- Laboratorio de cultivo estériles
- Equipamiento Analítico instrumental
- Equipamiento Analítico Físico-químico
- Laboratorio de preparación de muestras
- Fermentadores y digestores anaerobios 1-10 L
- Fotobiorreactores 1-20 L
- Cámara de cultivo de micelio
- Medios y equipos para la bioprospección de ecosistemas (río, aguas saladas...)
- Pruebas de concepto de producción a escala Laboratorio
- Fermentación de precisión
- Pruebas de concepto de extracción y purificación de bioproductos
- Salas para el cultivo, identificación y preservación de cepas de microorganismos (algas, cianobacterias,)
- Laboratorio para la caracterización y control de la calidad de los bioproductos-materiales

Centro I+D+i en Tecnología de Microalgas en la Ribera



- Fotobiorreactores piloto (100- 10000 L) abiertos, tubulares horizontales, columna vertical, placa plana, película fina
- Fermentadores para cultivo heterotrófico de algas
- Plantas piloto de cultivo de micelio a partir de microalgas
- Digestores Anaerobios
- Equipamiento para cosechado y preservación de biomasa (centrífuga, liofilizadores, DAF, etc.
- Sistemas automatizados y sensórica de última generación

- Pruebas de concepto de producción de microalgas y micelios a escala piloto
- Pruebas de cosechado de microalgas en entorno real
- Pruebas de concepto de extracción y purificación de bioproductos
- Análisis de concentraciones y calidad de bioproductos en entorno real

Centros I+D en Tecnología de Microalgas

AlgaeParc (Holanda)



- Instalaciones basadas en cultivo y cosechado convencional
- Fotobiorreactores < 25 m²
- Operación < 6 meses al año por limitaciones climatológicas

Universidad de Almeria (España)



- Instalaciones basadas en cultivo y cosechado convencional
- Aguas residuales fecales (domesticas y ganaderas)
- Localización con muy alto estrés hídrico

Centro de I+D en Tudela de referencia Internacional

LABORATORIO MICROALGAS INVESTIGACIÓN BÁSICA



LABORATORIO DE PROCESOS DOWNSTREAM



LABORATORIO MICROBIOLOGÍA Y BIOLOGÍA MOLECULAR



LABORATORIO MICROALGAS PLANTAS PILOTO



LABORATORIO DE CARACTERIZACIÓN DE COMPUESTOS



- Potencial I+D en Investigación básica en desarrollo de nuevos bioproductos basados en microalgas
- Aplicación de subproductos y aguas residuales del sector agro-industrial como medio de cultivo algal
- Integración de cultivo-cosechado-downstream
- Condiciones climatológicas adecuadas: Disponibilidad de agua y temperaturas/irradiación moderadas
- Proximidad a materias primas y empresas comercializadoras de bioproductos
- Formación de tecnólogos: Centro I+D con capacidad para 25 investigadores

Gracias por su atención

Silvia Bolado Rodríguez (silvia.bolado@uva.es)

Raúl Muñoz Torre (raul.munoz.torre@uva.es)

Instituto de Procesos Sostenibles - Universidad de Valladolid