

# Biocombustibles de algas: experiencias y próximos pasos

---

**Enrique Espí**  
**Centro de Tecnología Repsol**



**Seminario “Energía y medio ambiente en el mar”**  
**Valencia, 20 de octubre de 2011**



## **Introducción**

**Pros y contras de los biocombustibles de algas**

## **Actividades de Repsol en I+D de algas**

**Selección de cepas**

**Optimización del sistema de cultivo**

## **Próximos desarrollos**

**Aspectos económicos**

**Aspectos medioambientales**

# Introducción: pros y contras de los biocombustibles de algas

---





- Alto rendimiento ¿hasta 1000 t/ha-año?
- Capturan CO<sub>2</sub>
- No necesitan agua de calidad
- No contaminan suelos o acuíferos
- Cosechado continuo
- Balance energético positivo
- No necesitan pesticidas
- Coproductos de alto valor

"Microalgae are up to **100 times more productive** than other cultivated biofuel crops" (HR Biopetroleum)

"It is about **1,000 times more efficient** to produce fuel from algae than from an irrigated crop (Solix Biofuels)

	Biodiesel yield (litres/ha-yr)
Soybeans	400
Sunflower	800
Mustard	1,600
Jatropha	2,000
Palm Oil	6,000
Claims for Microalgae	up to 246,090*

Possible current yield is approx. 25,000 L/ha/yr

Possible future yield is approx. 50,000 L/ha/yr

\*Exceeds theoretical limit of photosynthesis

- ✘ La productividad a gran escala no supera las 100 t/ha-año
- ✘ Coste entre 2 y 20 €/kg de biomasa
- ✘ Lípidos no siempre aptos para biocombustible
- ✘ Balance energético: entre 1 y 2 veces energía recuperada frente a energía consumida
- ✘ Balance de GEI negativo si se usan fertilizantes sintéticos y CO<sub>2</sub> puro

## Perspective



### Why microalgal biofuels won't save the internal combustion machine

Jan B. van Bellen, University of Lausanne, Switzerland

Received August 24, 2009; revised version received September 24, 2009; accepted September 25, 2009  
Published online December 1, 2009 in Wiley InterScience (www.interscience.wiley.com); DOI: 10.1002/biot.193;  
Biofuels, *Bioprod. Bioref.* 4:11–52 (2010)

**Abstract:** Proponents of microalgal biofuel technologies often claim that the world demand on liquid fuels, about 5 billion liters per year, could be supplied by microalgae cultivated on only a few tens of millions of hectares. This perspective reviews this subject and points out that such projections are greatly exaggerated, because (1) the productivity achieved in large-scale commercial microalgae production systems, operated year-round, do not surpass those of irrigated tropical crops; (2) cultivating, harvesting and processing microalgae solely for the production of biofuels is simply too expensive using current or prospective technology; and (3) currently available (limited) data support that the energy balance of most biofuels is negative. Thus, microbial biofuels are no solution for climate



# Actividades de Repsol en I+D de algas

---



# Actividades de I+D de Repsol en algas



## Proyectos



[www.piibe.com](http://www.piibe.com)

(2006-2009)



[www.cenit-sostco2.com](http://www.cenit-sostco2.com)

(2008-2011)



Nuevo proyecto

(2010-2011)

Cenit VIDA



Nuevo proyecto

(2010-2013)

## Asociaciones y plataformas tecnológicas



# Actividades de Repsol en algas



## En julio 2010 Repsol adquiere un 20% de AlgaEnergy

The screenshot shows the ALGAENERGY website. At the top is the company logo with the name 'ALGAENERGY' in blue and green. Below the logo is a navigation menu with links: Inicio | Quiénes Somos | Actividades | Biotecnología | Programas I+D | Plantas | Prensa | Videos. The main content area is titled 'Quiénes Somos' and features three green icons on the left: 'Reducción de CO<sub>2</sub>' (with a CO<sub>2</sub> molecule icon), 'Biocombustibles' (with a drop icon), and 'Acuicultura' (with a fish icon). The main text describes the company as a technology-based biotechnology firm in microalgae, founded in 2007, and mentions its investors: IBERDROLA and REPSOL. It also identifies Prof. Miguel García Guerrero as a scientific advisor and director of the 'Biotechnology of Microalgae' group at the University of Sevilla-CSIC.

**ALGAENERGY**

Inicio | Quiénes Somos | Actividades | Biotecnología | Programas I+D | Plantas | Prensa | Videos

### Quiénes Somos

**Reducción de CO<sub>2</sub>**

ALGAENERGY es una compañía de base tecnológica del sector de la biotecnología de microalgas que, fundada en 2007, está promovida y gestionada por un grupo de empresarios y científicos de reconocida solvencia y dilatada experiencia.

**Biocombustibles**

Dos líderes mundiales en energías renovables y (bio)combustibles, **IBERDROLA** y **REPSOL** son accionistas y socios tecnológicos de ALGAENERGY.

**Acuicultura**

Consejero de ALGAENERGY y referente científico de la empresa es el Prof. Miguel García Guerrero, Catedrático de Bioquímica Vegetal y Biología Molecular de la Universidad de Sevilla, uno de los escasos especialistas en biotecnología de microorganismos fotosintéticos en el mundo, que actualmente dirige el grupo "Biotecnología de Microalgas" del Instituto de Bioquímica Vegetal y Fotosíntesis (Universidad de Sevilla-CSIC).



# Resultados Cenit PIIBE: selección de cepas

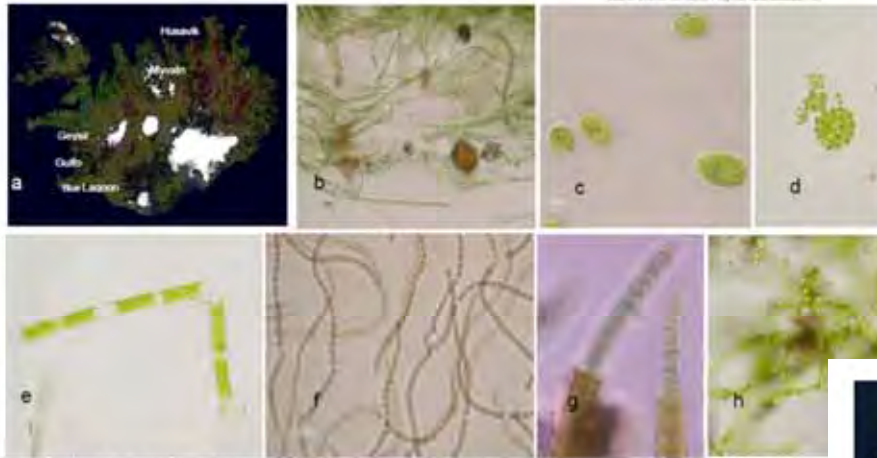


Figura 3: a) Mapa de Islandia sobre el que se destacan las zonas de muestreo a las que pertenecen las muestras seleccionadas; b) muestra tomada en una laguna terrenal en la región de Húsavík (NI) en la que se encuentran cianobacterias filamentosas (filas de mirógono y productoras de volúcáncanos); c) muestra de una cianobacteria en la región de Húsavík; donde únicamente se observa un microalga verde filamentosas (del género *Chalydomonas*); d) muestra tomada en un lago sulfúrico (pH 2) de la región de Myvatn (I) la que aparece una microalga verde coccoidal (del género *Cocciastrium*); e) muestra tomada en un arroyo río fértil en la región de Guðfi (SW) en la que se observa microalgas verdes tubulares (Látricalas); f, g) muestra tomada en una cascada termal en la región de Geyser (SW) que contiene cianobacterias nostocales; h) muestra tom en el Blue Lagoon en Ather (S) en la que aparecen microalgas verdes tubulares.

Cientos de cepas silvestres aisladas y clasificadas usando citometría de flujo.

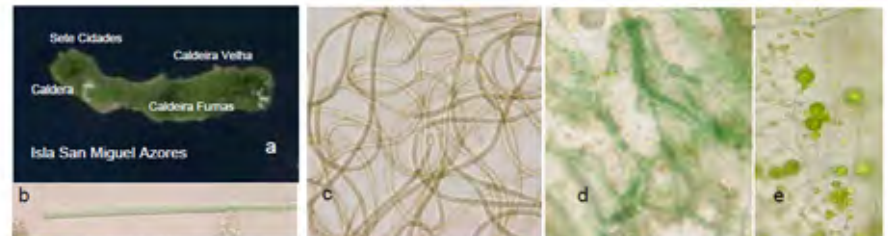


Figura 4: a) Mapa de Isla de Islandia de S. Miguel en Azores a las que pertenecen las muestras seleccionadas; b, c, d) muestras tomadas en la Caldeira de Fumas y fumarolas (S) en las que se observan cianobacterias oscilatoriales (b) y nostocales (c); así como microalgas verdes coccoidales (*Citrococum* y *Mulleropsis*).

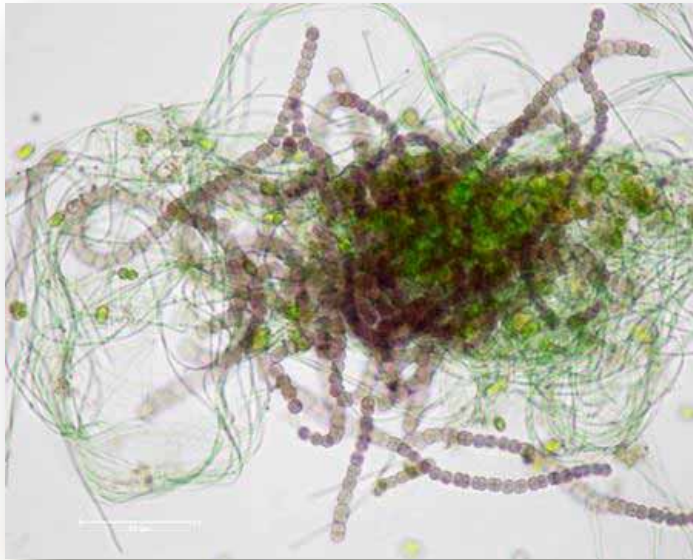


Figura 5: a) Mapa de Isla de Islandia de Maio en Cabo Verde en las que se representan las localidades donde se tomaron las muestras seleccionadas; b, c, d) muestran cianobacterias oscilatoriales (b, d) y la oscilatorial *Spirulina* subsalsa tomadas en el lago de Maio y en las salinas de Puroto Inglês (S); e) en ese mismo mismo enclave aparecen muestras con diatomeas del Navicula.

# Resultados Cenit PIIBE: selección de cepas

## Producción de lípidos de cepas silvestres.

Especies	P vol est.	tm/h/d	tm/h/a	t C/h/a	t CO2/h/a	tm lípidos/h/a
<i>Spirulina platensis</i> var. Majorera	0.125	0.55	200.75	100.38	361.35	21.28
<i>Chlorella vulgans</i> L3	0.130	0.57	208.05	104.03	374.49	40.57
<i>Tetraselmis suecica</i>	0.215	0.94	343.10	171.55	617.58	37.74



	Rendimiento lípidos (t/ha-año)
Soja	0,4
Girasol	0,8
Colza	1
Oliva	1
Jatrofa	1,5
Aguacate	2,2
Coco	2,2
Palma	5

**Resultados interesantes en laboratorio pero se necesita escalado**

## Optimización del contenido de lípidos por citometría de flujo y *sorting*.

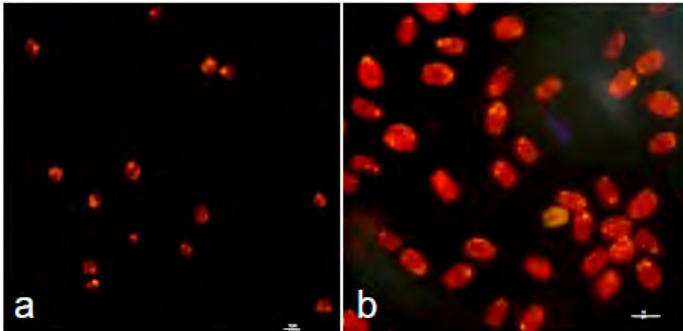


Figure 1. Fluorescence microscopic images of *Chlorella vulgaris* var. L3 (a) and *Tetraselmis suecica* (b) stained with NR. The lipid drops appear in yellow color.

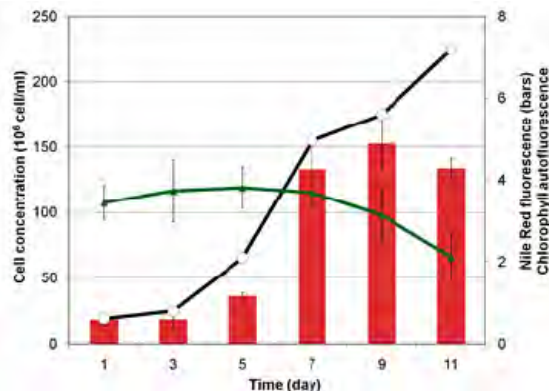
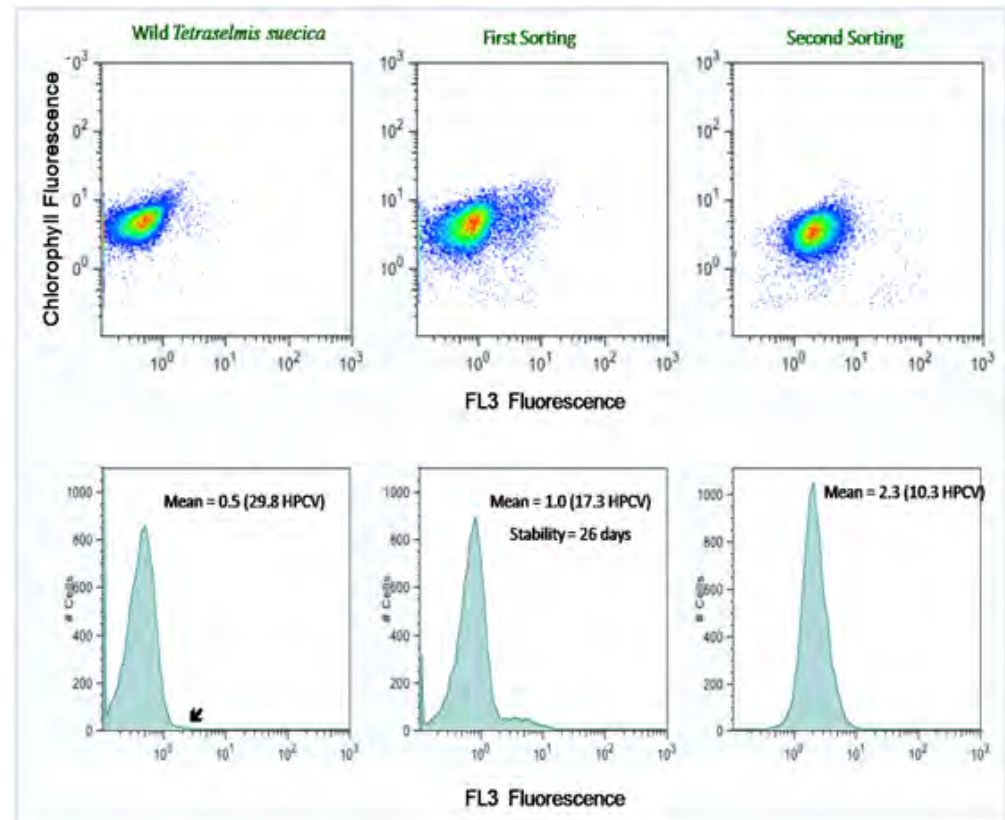
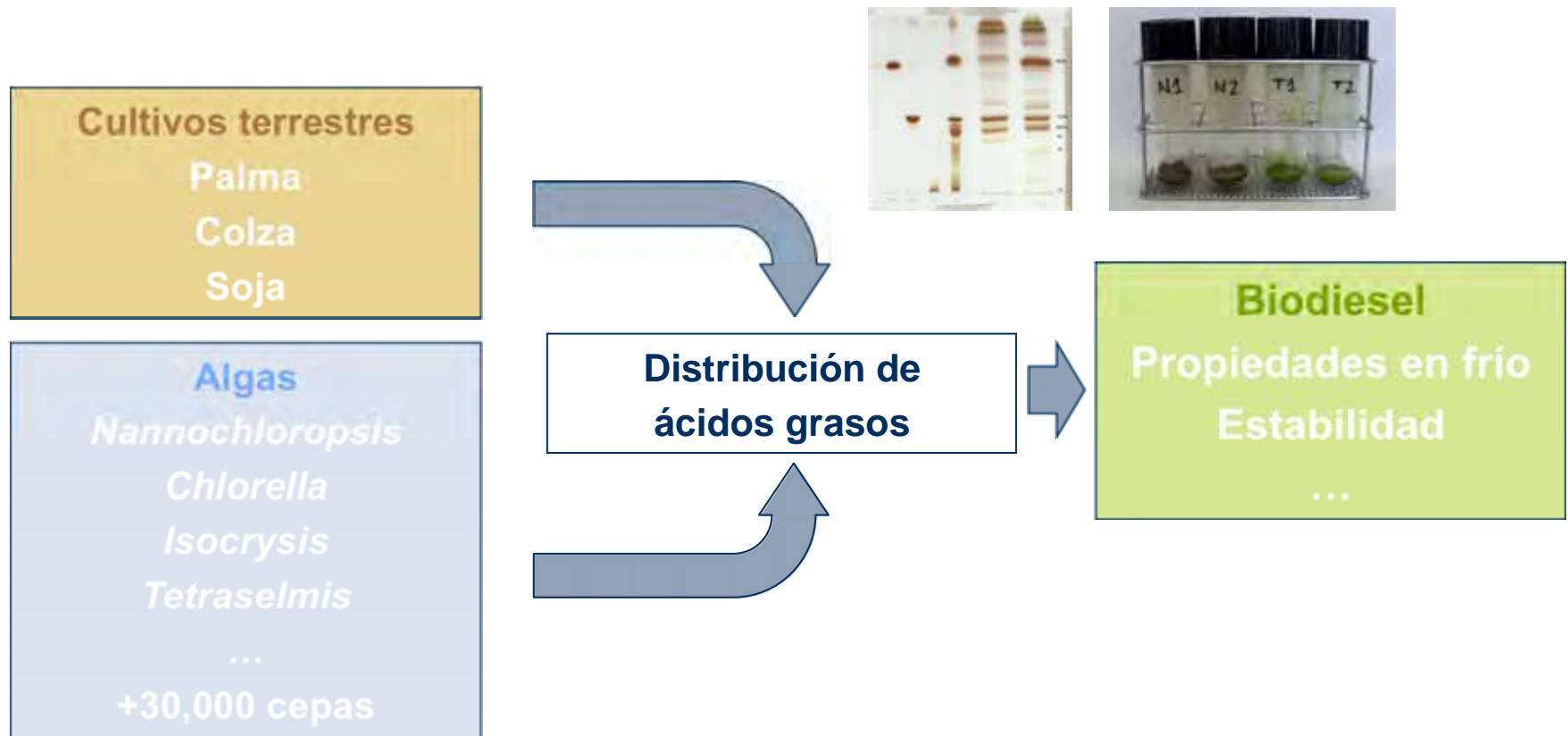


Figure 4. Cell concentration (○), cellular lipid content (bars) and cellular chlorophyll content (▲) estimated by flow cytometric techniques of a *Nannocloropsis gaditana* culture transferred, at time zero, to a 15 times diluted MBA media supplemented with CO<sub>2</sub>.

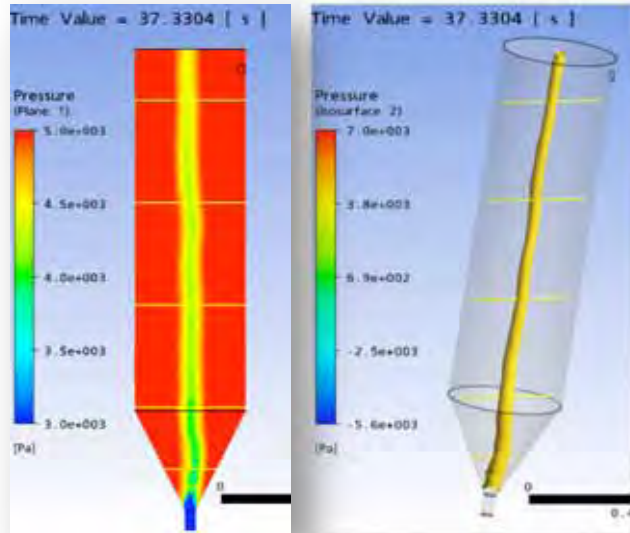


# Resultados Cenit PIIBE: selección de cepas

## Composición de lípidos.

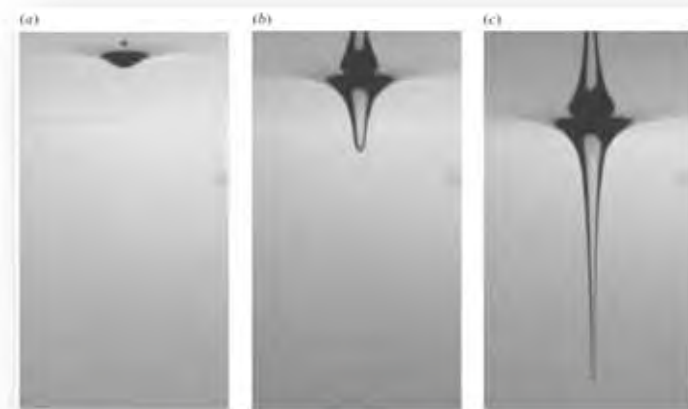
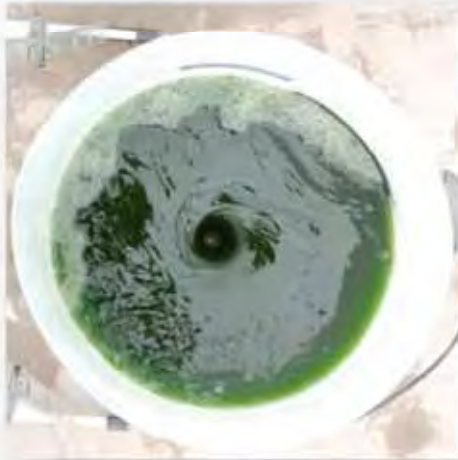


# Resultados Cenit PIIBE: optimización de FBRs



Optimización del FBR usando *Dinámica de Fluidos Computacional* (CFD): geometría, agitación, distribución de la luz, etc.

Patente PCT/ES2010/070132



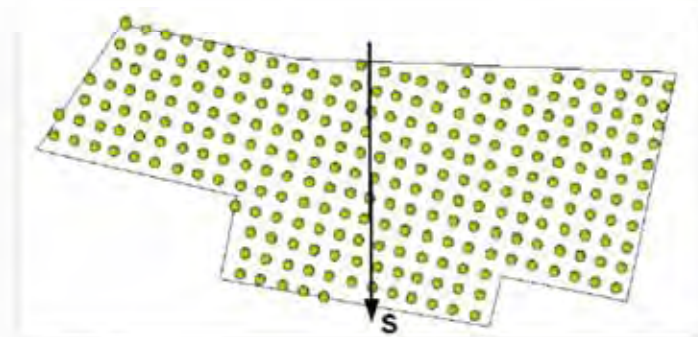
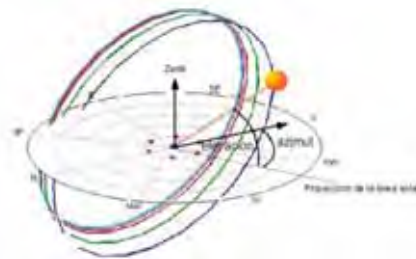
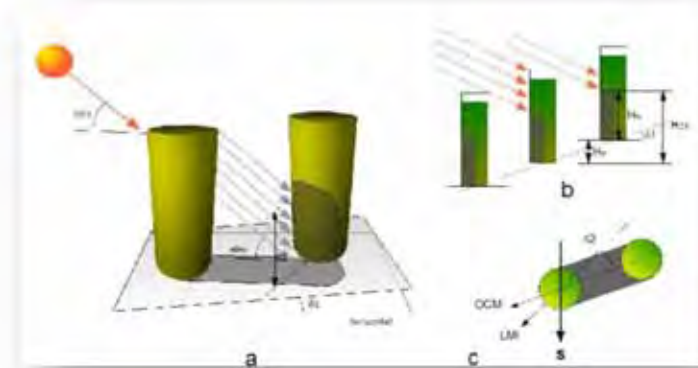
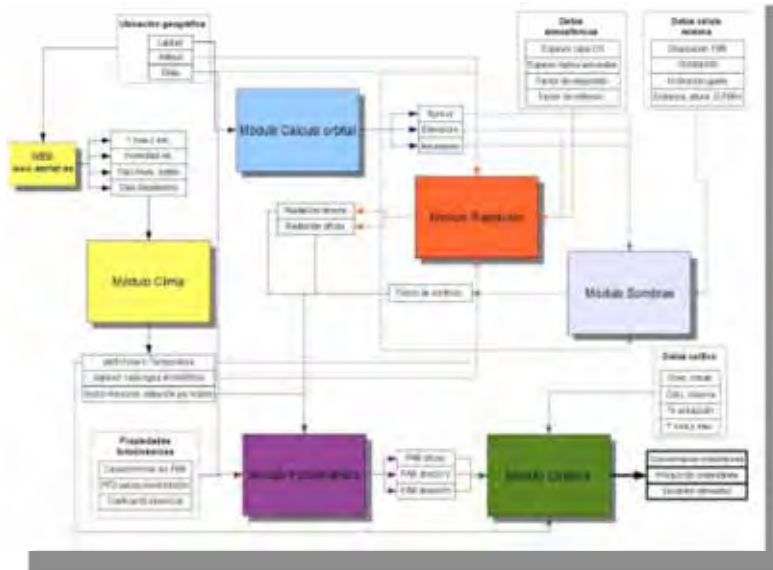
6 rpm

12 rpm

18 rpm

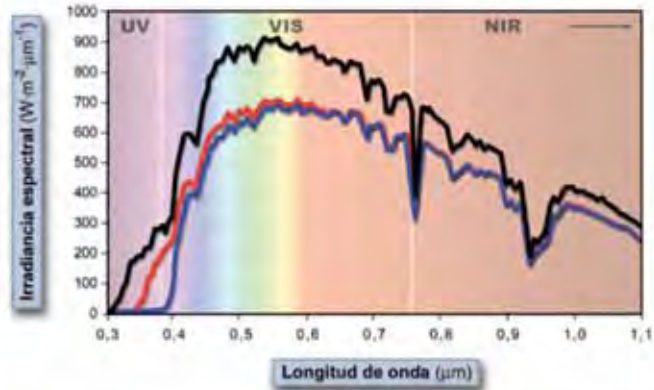
# Resultados Cenit PIIBE: optimización de FBRs

## Optimización de las granjas de FBRs



# Resultados Cenit PIIBE: optimización de FBRs

## Materiales para FBRs.



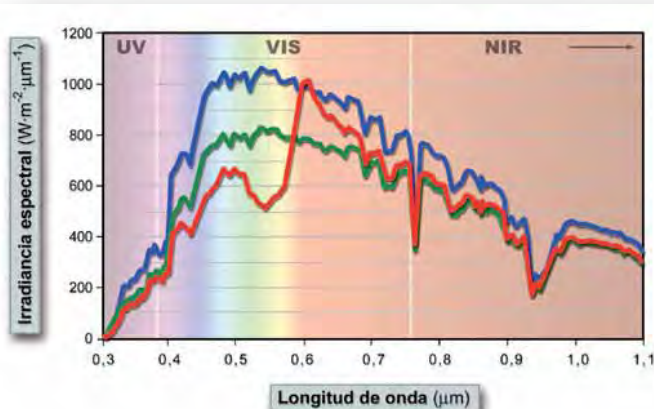
**Propiedades ópticas: Repsol está aplicando su experiencia en plásticos para invernaderos.**

**Transmisión ultravioleta (UV).**

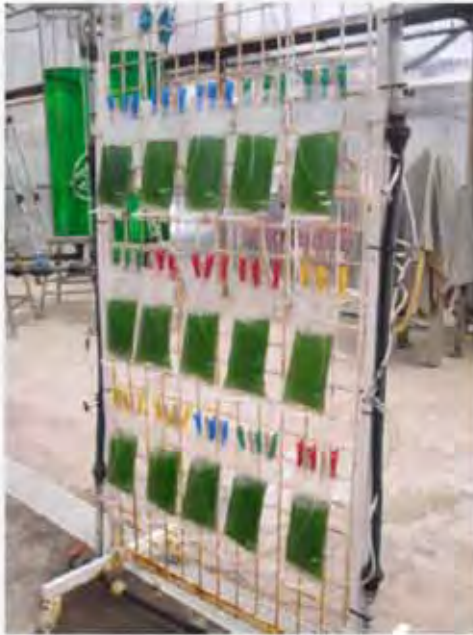
**Transmisión infrarroja próxima (NIR).**

**Transmisión infrarroja media (MIR).**

**Luminiscencia (UV-VIS, VIS-VIS).**



# Resultados Cenit PIIBE: optimización de FBRs



**Materiales para FBRs.**

**Propiedades superficiales:  
Repsol está aplicando su  
experiencia en manipular las  
propiedades superficiales de  
los plásticos para desarrollar  
materiales antiensuciamiento  
para FBRs.**



**70%**



**5%**

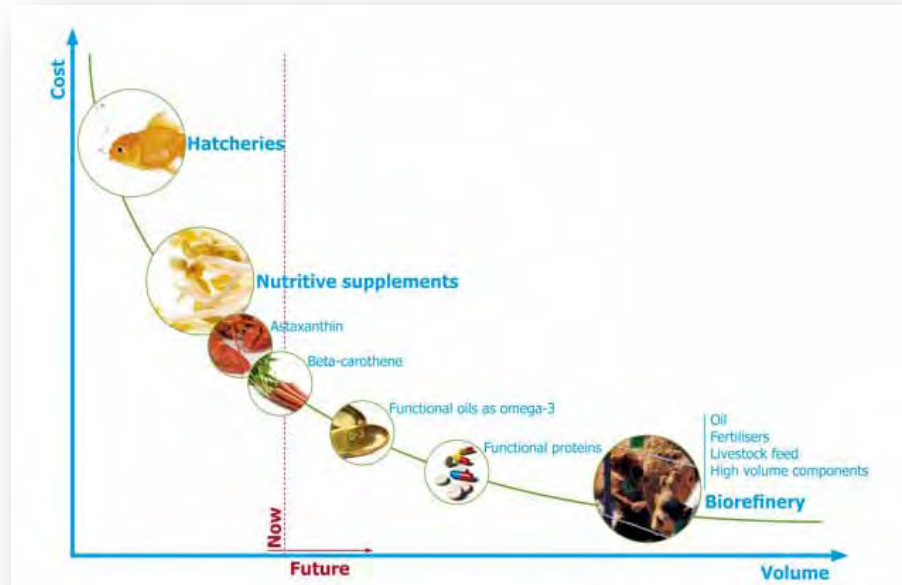


# Próximos desarrollos

---



# Aspectos económicos



*Fuente: Proviron*

Precio actual de los biocombustibles de algas: **2 a 20 €/l**



Precio actual de otros biocombustibles: **0,5 a 1 €/l**

## Rutas para reducción de costes:

### ü Incrementar la **productividad**:

- Cepas de algas con alta productividad (MG?)
- FBRs de alta productividad

### • Reducir las **inversiones**:

- FBRs *low-cost* (todo plástico)
- Métodos de cosechado alternativos a la centrifugación
- Métodos de extracción alternativos a los disolventes

### • Reducir los **costes de operación**:

- Costes de personal (automatización)
- Costes de energía (cultivo, cosechado, extracción)
- Costes de agua, CO<sub>2</sub> y nutrientes

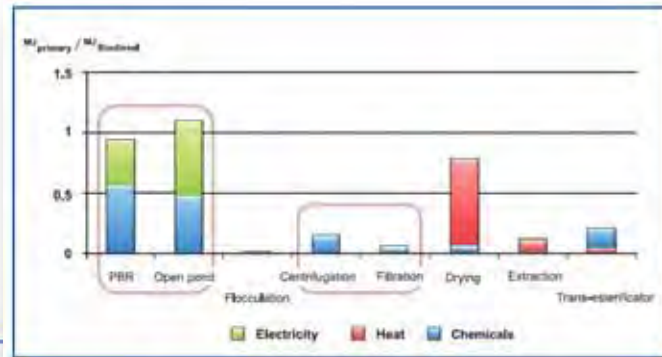


Figure 2. A preliminary life cycle analysis for algae production. Courtesy Repsol Catalia, IEA Secretariat, Paris.

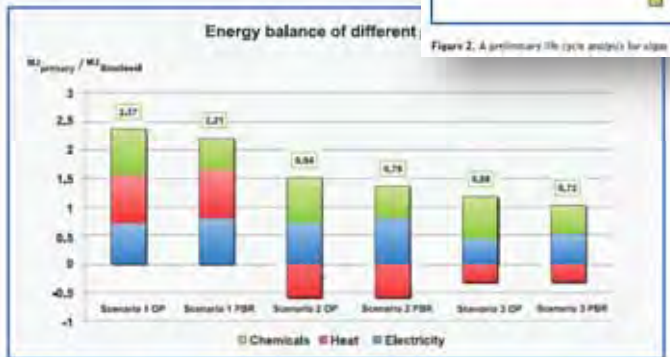


Figure 3. Preliminary results of energy balance. Courtesy Repsol Catalia, IEA Secretariat, Paris.

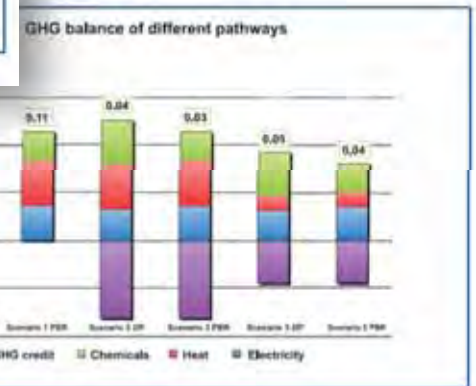


Figure 4. Preliminary results of GHG balance. Courtesy Repsol Catalia, IEA Secretariat, Paris.

**Balances de energía y GEI muy dependientes de los suministros de CO<sub>2</sub> y nutrientes.**

**Foco en:**

**Aguas residuales vs. Nutrientes sintéticos**  
**Gases de chimenea vs. CO<sub>2</sub> puro**

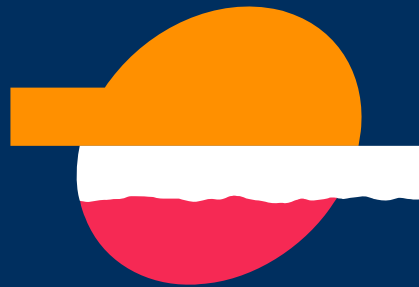
## Cenit VIDA:

- **Desarrollo de plásticos especiales para cultivo de algas**
- **Optimización de sistemas de extracción**
- **Bioqueroseno a partir de aceite de algas**

## Plan E microalgas

- **Sistema de cultivo *low-cost* en refinería de Tarragona**
- **CO<sub>2</sub> y nutrientes a partir de efluentes de refinería**
- **Búsqueda de nuevas cepas lipogénicas**

***REPSOL***



*Inventemos el futuro*