

Biocombustibles de algas: experiencias y próximos pasos

Carlos Díaz
Enrique Espí
Centro de Tecnología Repsol

Santiago de Compostela, 10 de mayo 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





"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
Jathropha	2,000
Palm Oil	6,000
Claims for Microalgae	up to 246,090*

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

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

*Exceeds theoretical limit of photosynthesis

- ✓ Alto rendimiento ¿hasta 1000 t/ha-año?
- ✓ Capturan CO₂
- ✓ No necesitan agua de calidad
- ✓ No contaminan suelos o acuíferos
- ✓ Cosechado continuo
- ✓ Balance energético positivo
- ✓ No necesitan pesticidas
- ✓ Coproductos de alto valor

- ✘ 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 CO₂ puro

Perspective



Why microalgal biofuels won't save the internal combustion machine

Jan B. van Beilen, 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/abb.193;
Biofuels, Bioprod. Bioref. 4:41–52 (2010)

Abstract: Proponents of microalgal biofuel technologies often claim that the world demand of liquid fuels, about 5 trillion 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 productivities 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 suggest that the energy balance of algal biofuels is very poor. Thus, microalgal biofuels are no panacea for depletion



Actividades de Repsol en I+D de algas



Actividades de I+D de Repsol en algas

Proyectos

PIIBE

Proyecto de Investigación para el Impulso del Biorrefino en España



www.piibe.com

(2006-2009)

Sost-CO₂

Nuevas utilizaciones sostenibles del CO₂



www.cenit-sostco2.com

(2008-2011)

Plan E Microalgae



Nuevo proyecto

(2010-2011)

Cenit VIDA



Nuevo proyecto

(2010-2013)

Asociaciones y plataformas tecnológicas



En julio 2010 Repsol adquiere un 20% de AlgaEnergy



The image shows a screenshot of the ALGAENERGY website. At the top is the company logo, which consists of a stylized green and blue wave icon followed by the text "ALGAENERGY" in a bold, blue, sans-serif font. Below the logo is a navigation menu with the following items: 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: a CO₂ molecule for "Reducción de CO₂", a water drop for "Biocombustibles", and a fish for "Acuicultura". To the right of these icons is a text block that describes the company as a technology-based biotechnology firm founded in 2007, promoted and managed by a group of entrepreneurs and scientists. It also mentions that IBERDROLA and REPSOL are shareholders and technological partners. At the bottom, it identifies Prof. Miguel García Guerrero as the scientific advisor, noting his expertise in microalgae biotechnology at the University of Sevilla.

ALGAENERGY

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

Quiénes Somos

Reducción de CO₂

Biocombustibles

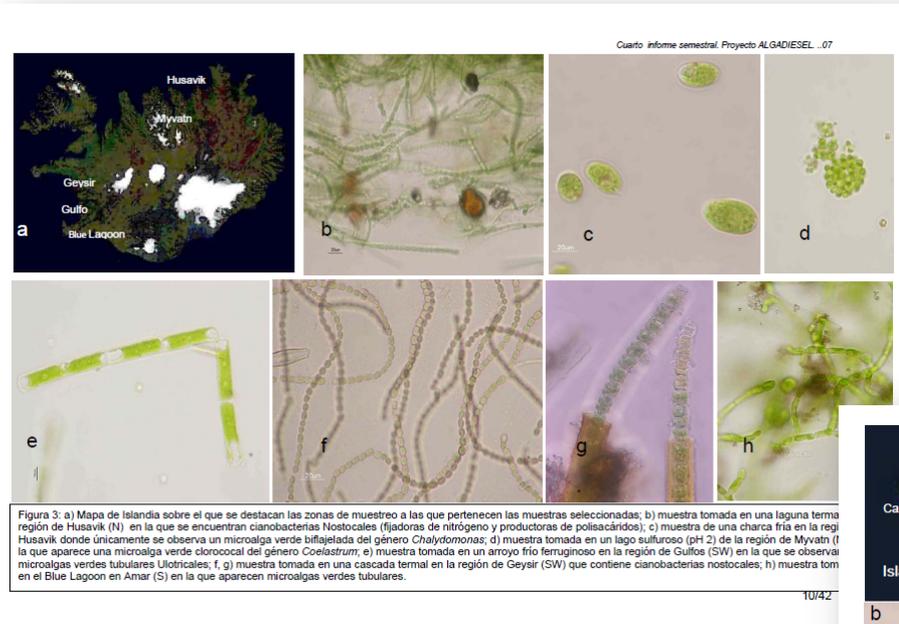
Acuicultura

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.

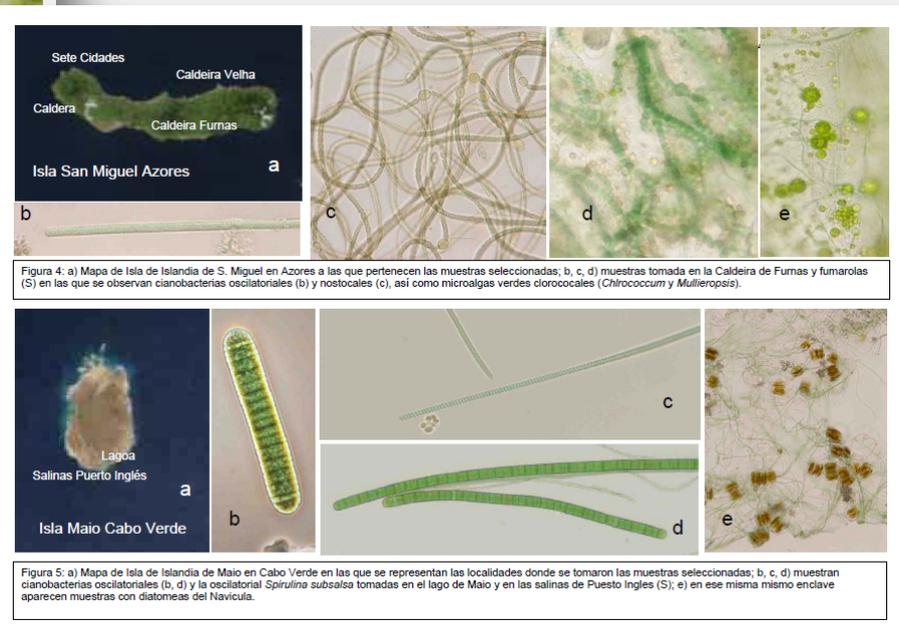
Dos líderes mundiales en energías renovables y (bio)combustibles, **IBERDROLA** y **REPSOL** son accionistas y socios tecnológicos de ALGAENERGY.

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



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



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 vulgaris</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

Resultados Cenit PIIBE: selección de cepas

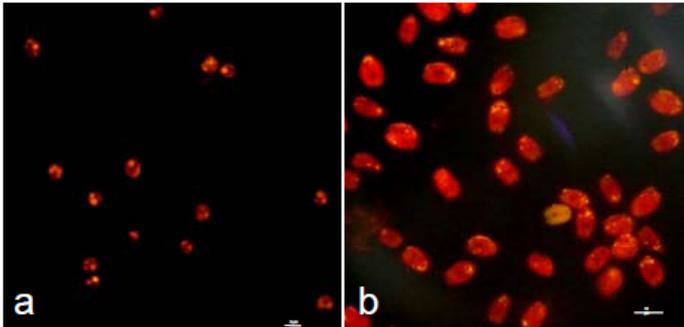


Figure 1. Fluorescence microscopic images of *Chlorella vulgaris* var. L3 (a) and *Tetraselmis suecica* (b) stained with NR. The lipid drops appear in yellow color.

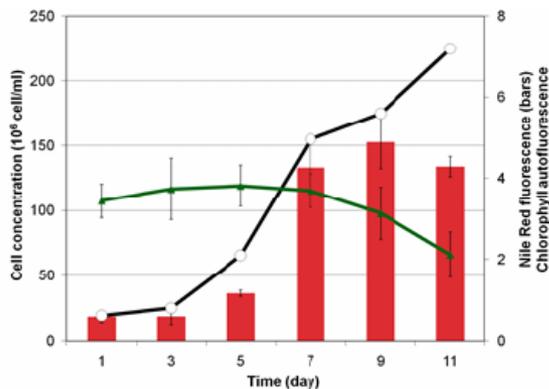
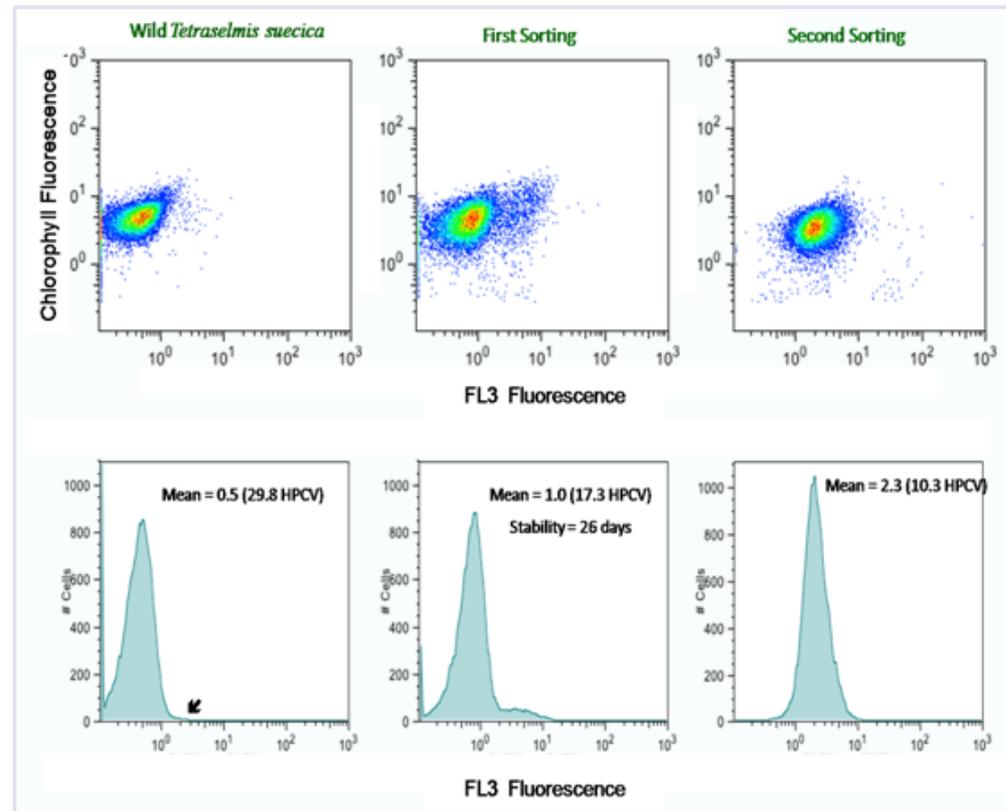


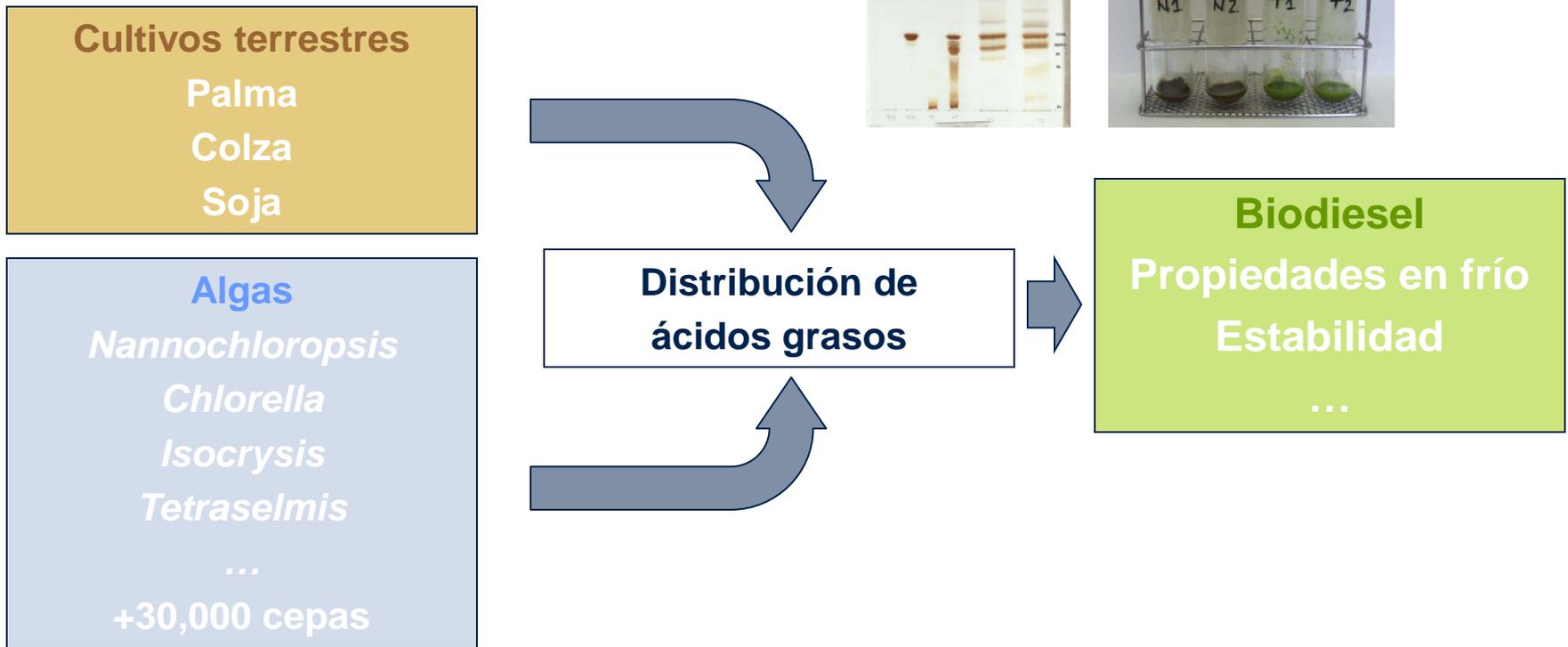
Figure 4. Cell concentration (○), cellular lipid content (bars) and cellular chlorophyll content (▲) estimated by flow cytometric techniques of a *Nannocloropsis gaditana* culture transferred, at time zero, to a 15 times diluted MBA media supplemented with CO₂.

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

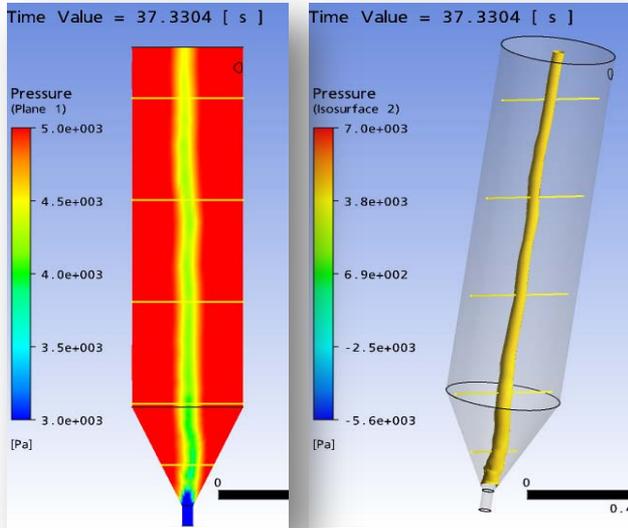


Resultados Cenit PIIBE: selección de cepas

Composición de lípidos.

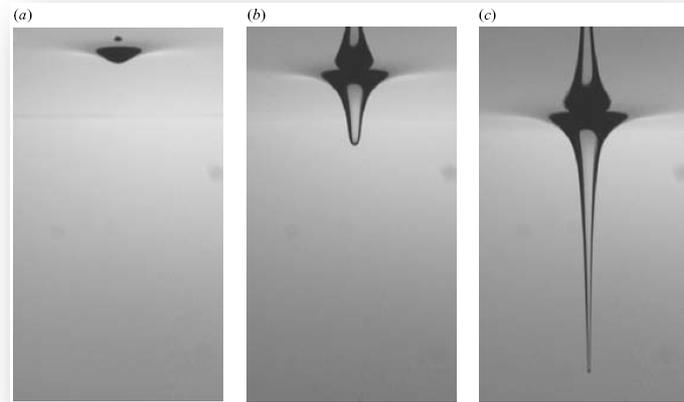


Resultados Cenit PIIBE: optimización de FBRs



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

Patente PCT/ES2010/070132



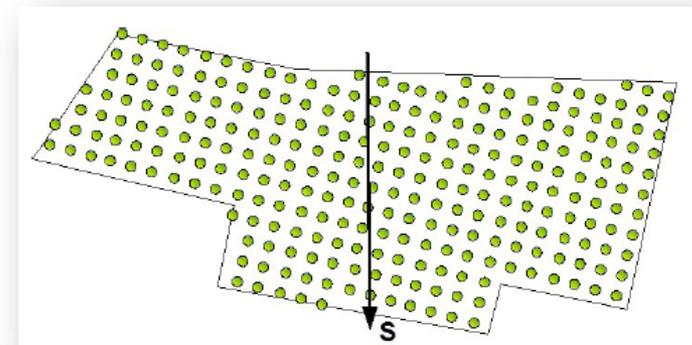
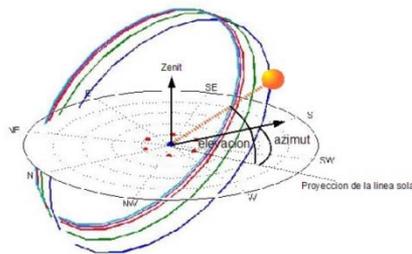
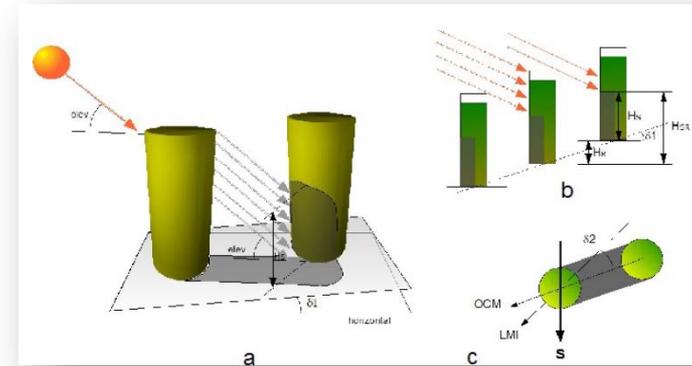
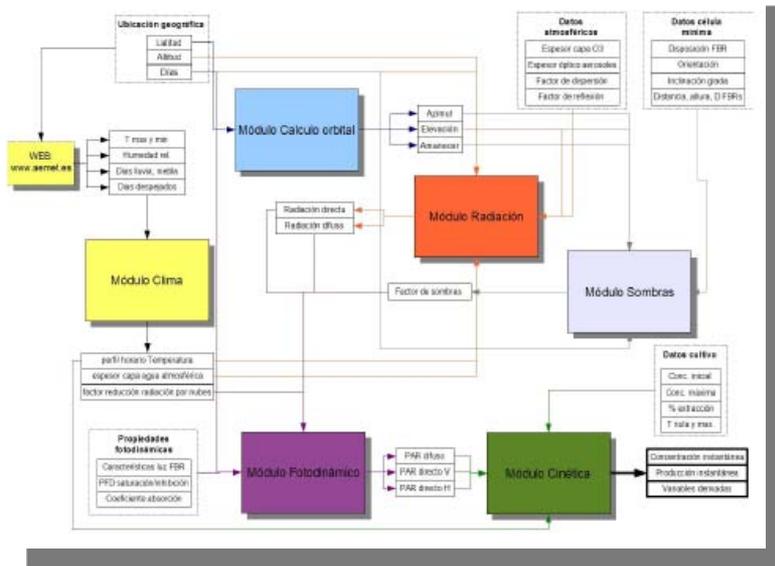
6 rpm

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.

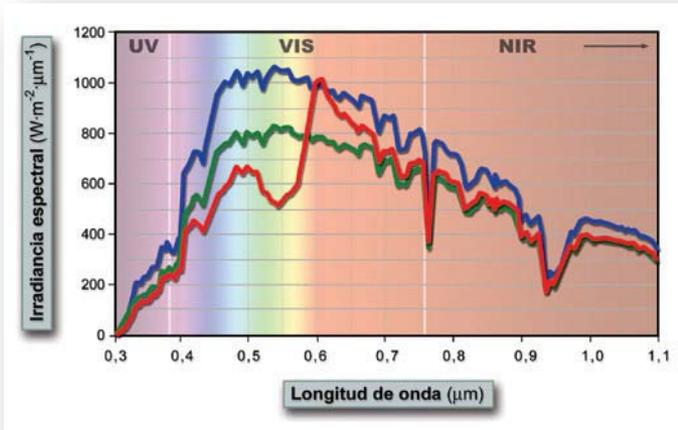
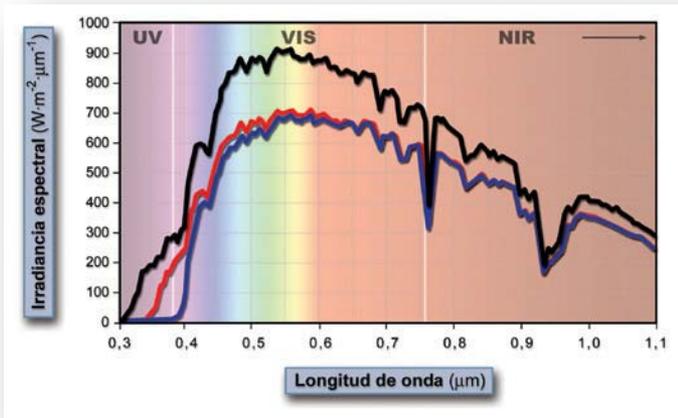
Propiedades ópticas: Repsol está aplicando su experiencia en plásticos para invernaderos.

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%

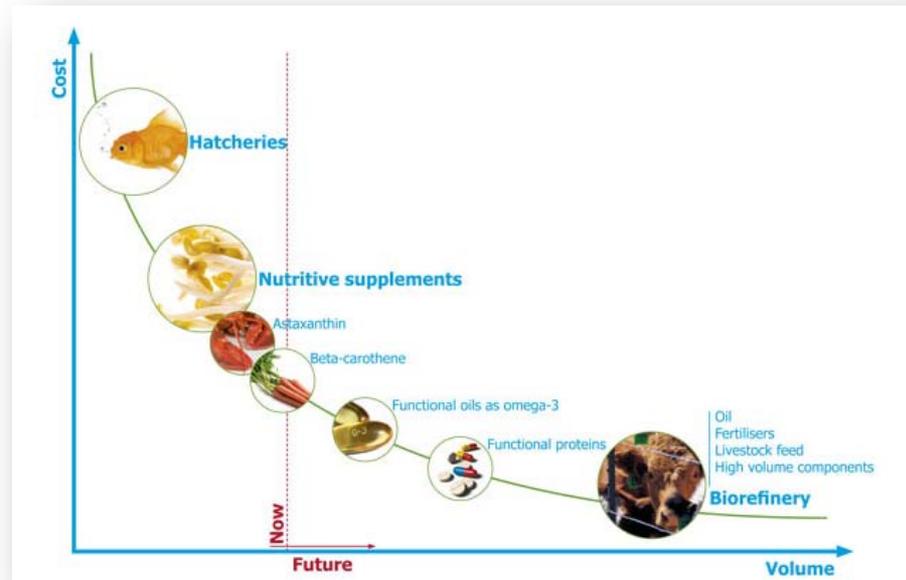


5%

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:

- ✓ 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, CO₂ y nutrientes

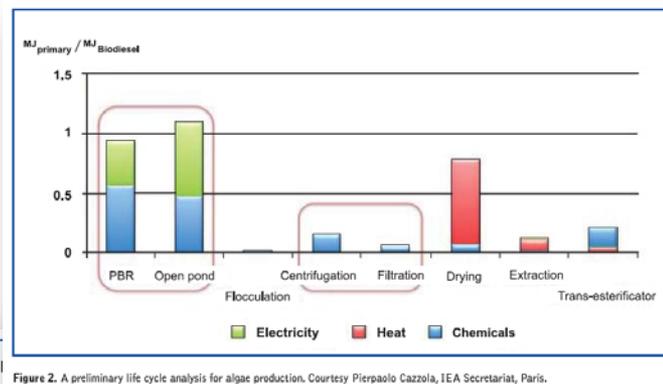


Figure 2. A preliminary life cycle analysis for algae production. Courtesy Pierpaolo Cazzola, IEA Secretariat, Paris.

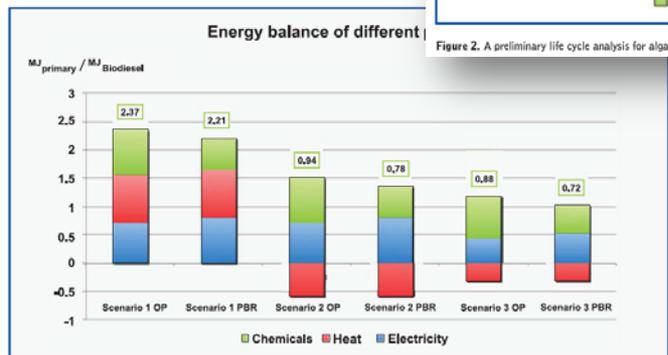


Figure 3. Preliminary results of energy balance. Courtesy Pierpaolo Cazzola, IEA Secretariat, Paris.

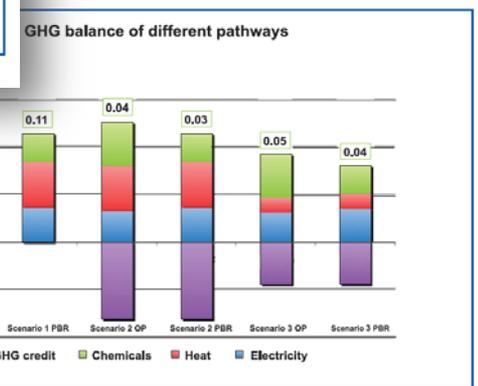


Figure 4. Preliminary results of GHG balance. Courtesy Pierpaolo Cazzola, IEA Secretariat, Paris.

Balances de energía y GEI muy dependientes de los suministros de CO₂ y nutrientes.

Foco en:

Aguas residuales vs. Nutrientes sintéticos

Gases de chimenea vs. CO₂ puro

Fuente: IEA

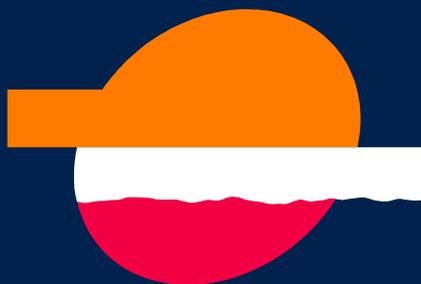
Cenit VIDA:

- 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
- CO₂ y nutrientes a partir de efluentes de refinería
- Búsqueda de nuevas cepas lipogénicas

REPSOL



Inventemos el futuro