

Las transparencias son el material de apoyo del profesor para impartir la clase. No son apuntes de la asignatura. Al alumno le pueden servir como guía para recopilar información (libros, ...) y elaborar sus propios apuntes

Departamento: Ingeniería Eléctrica y Energética  
 Área: Máquinas y Motores Térmicos

CARLOS J RENEDO [renedoc@unican.es](mailto:renedoc@unican.es)  
 Despachos: ETSN 236 / ETSIIT S-3 28  
<http://personales.unican.es/renedoc/index.htm>  
 Tlfn: ETSN 942 20 13 44 / ETSIIT 942 20 13 82

- **Introducción**
- **Panorama Energético Nacional**
- **Algunas “Curiosidades”**
- **Las EERR en la Unión Europea**
- **Visión de las Energías Renovables**
- **Búsqueda de Información Científica**
- **Energías de las Olas, Mareas y Corrientes**
- **Tecnologías de Aprovechamiento**
- **Energía Térmica Marina**
- **Turbinas Hidráulicas**
- **Velas**
- **Algas Marinas**

Parte 1<sup>a</sup>

Parte 2<sup>a</sup>

Parte 3<sup>a</sup>

Parte 4<sup>a</sup>

Parte 5<sup>a</sup>

Parte 6<sup>a</sup>

Parte 7<sup>a</sup>

Parte 8<sup>a</sup>

Virtual

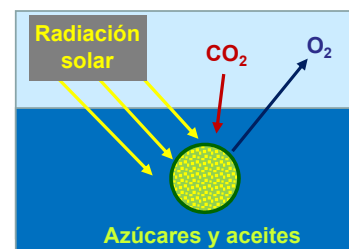
Virtual

## Algas

Son vegetales Talófitos (sin verdadera raíz, tallo y hojas, y desprovistos de vasos conductores) que viven en el agua (dulce o salada) o en ambientes terrestres de elevada humedad

Están provistas de pigmentos fotosintetizadores, lo que les permite utilizar la energía del sol para transformar la materia inorgánica en materia orgánica por medio de la fotosíntesis

**Fotosíntesis:** combina la energía solar, el CO<sub>2</sub> atmosférico y el agua, y produce O<sub>2</sub> que se libera a la atmósfera y azúcares que la planta empleará para producir distintas sustancias como celulosa que conforma su estructura, aceites, etc.



La energía queda almacenada en sus estructuras biológicas, y en la naturaleza se aprovecha por los seres vivos que se alimentan de ellas; están en la base de la cadena trófica

3

## Algas

Se estima que existen más de 300.000 especies de algas

Pero no todas poseen las características necesarias para realizar un aprovechamiento rentable

Las **microalgas** tienen una tasa de multiplicación muy elevada, por lo que son capaces de absorber y almacenar una gran cantidad de energía del Sol

4

## Clasificación de las Algas

### ➤ **Unicelulares:**



- **Chrysophyta**: es un grupo muy diverso que se encuentra principalmente en ambientes de agua dulce con temperaturas bajas. Son organismos generalmente flagelados y unicelulares que viven en colonias; tienen pigmentos amarillo-dorado, por lo que reciben el nombre de algas doradas; pueden contener fucoxantina y diferentes tipos de clorofila
- **Filo Bacilariofitas o Diatomeas**: son de color pardo verdoso, y pueden agruparse en filamentos o colonias; son comunes en agua dulce o marina; presentan un caparazón calcáreo, que cuando mueren caen al fondo del mar y forman la diatomita o tierra de diatomeas, que se utiliza como material aislante, como base para cosméticos y para pulimentos. En los ecosistemas se ubican principalmente en las rocas, y proporcionan alimento y oxigenan las profundidades
- **Filo Pirrofitas o Dinoflagelados**: son especies marinas, algunas pueden ser bioluminiscentes y producen manchas brillantes que centellean en el mar. Tienen dos flagelos, uno largo y otro corto, que les sirven para moverse. Algunas especies producen toxinas que se acumulan en peces e invertebrados marinos (como los mejillones)

5

## Clasificación de las Algas

### ➤ **Unicelulares:**



- **Chrysophyta**:
- **Filo Bacilariofitas o Diatomeas**:
- **Filo Pirrofitas o Dinoflagelados**:
- **Cianófitos**: predominan los pigmentos verde-azulados (ficocianina), no poseen células flageladas, incluye unas 5.000 especies (la mitad son marinas), que a veces forman colonias de aspecto variado (filamentoso, globoso, etc.). Viven en ambientes acuáticos, o en lugares húmedos, endófitas y en simbiosis con hongos
- **Filo Euglenofitas** Unicelulares con flagelos. Viven preferentemente en lugares con aguas estancadas. No tienen pared celular por lo que pueden cambiar de forma fácilmente
- **Filo Gamofitas** o algas conjugadas Son formas filamentosas de agua dulce, de intenso color verde

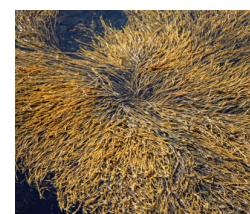
6

## Clasificación de las Algas

### ➤ **Unicelulares:**

### ➤ **Multicelulares:**

- **Clorófitos:** (son verdes, por la presencia de clorofila) presentan almidón dentro de ellos y poseen células flageladas, pueden presentar tonos oscuros o amarillos
- **Euglenophyta**, grupo de unas 400 especies; algunas son saprófitas (capaces de capturar presas). Viven en aguas dulces estancadas muy ricas en materia orgánica, pero hay algunas especies en aguas salobres
- **Chlorophyta**, división con unas 7.000 especies de algas uni o pluricelulares, microscópicas y macroscópicas. Predominan las especies de agua dulce, pero pueden vivir en multitud de sustratos húmedos y en simbiosis con los hongos
- **Charophyta**, unas 200 especies de agua dulce, y representan el más alto grado de evolución dentro de las algas verdes, son semejantes a las plantas superiores. Viven en aguas estancadas o de curso lento



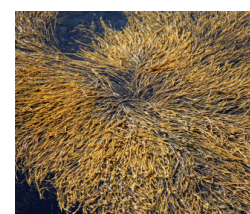
## Clasificación de las Algas

### ➤ **Unicelulares:**

### ➤ **Multicelulares:**

- **Clorófitos:** (verdes) presentan almidón dentro de ellos y poseen células flageladas, pueden presentar tonos oscuros o amarillos
- **Rhodophyta** (rojas): son macroalgas que se agrupan en unas 6.000 especies, casi todas marinas, que se desarrollan principalmente en ecosistemas tropicales; algunas recubren su pared de carbonato cálcico, obteniendo un aspecto pétreo y constituyendo los corales. La coloración roja se debe a la un pigmento, ficoeritrina, que es el que permite absorber la poca luz que ingresa a grandes profundidades, poseen una morfología muy variada

Se usan en la. Tienen importancia gastronómica, especialmente en Japón; sus paredes celulares se procesan para producir polímeros espesantes de alimentos (elaboración de cremas, pasteles, productos lácteos, confituras y helados), y también se usan en cosmética

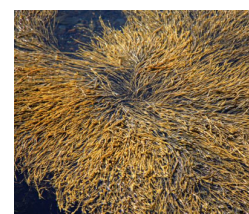


## Clasificación de las Algas

➤ **Unicelulares:**

➤ **Multicelulares:**

- **Clorófitos:** (verdes) presentan almidón dentro de ellos y poseen células flageladas, pueden presentar tonos oscuros o amarillos
- **Rodophyta** (rojas): son macroalgas que se agrupan en unas 6.000 especies, casi todas marinas
- **Cromófitos** (algas pardo-doradas), se agrupan en:
  - **Pyrrophyta**, algas microscópicas unicelulares (<1mm). Son unas 1.200 especies en su mayoría marinas; son uno de los principales componentes del fitoplancton, y las causantes de las mareas rojas
  - **Crysophyta**, algas unicelulares o pluricelulares, en ellas están incluidas las Diatomeas. Son unas 2.000 especies marinas y dulceacuícolas, las planctónicas constituyen un componente importante del fitoplancton
  - **Phaeophyta**

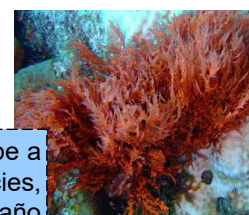
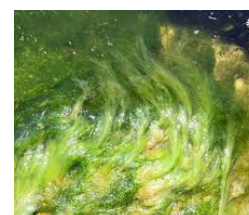


## Clasificación de las Algas

➤ **Unicelulares:**

➤ **Multicelulares:**

- **Clorófitos:** (verdes) presentan almidón dentro de ellos y poseen células flageladas, pueden presentar tonos oscuros o amarillos
- **Rodophyta** (rojas): son macroalgas que se agrupan en unas 6.000 especies, casi todas marinas
- **Cromófitos** (algas pardo-doradas), se agrupan en:
  - **Pyrrophyta**, especies en su mayoría marinas; son uno de los principales componentes del fitoplancton, y las causantes de las mareas rojas
  - **Crysophyta**, algas unicelulares o pluricelulares, en ellas están incluidas las Diatomeas. Son unas 2.000 especies marinas y dulceacuícolas, las planctónicas constituyen un componente importante del fitoplancton
  - **Phaeophyta** (algas pardas) su color pardo oliváceo se debe a la presencia de fucoxantina, e incluye unas 1.500 especies, prácticamente todas marinas; pueden alcanzar gran tamaño (hasta 100 m) y pueden ser fijas o flotantes. Son las que suelen formar los bosques marinos en zonas templadas y árticas. Muchas especies tienen interés alimenticio e industrial, ya que de ellas se extrae una sustancia llamada algina, cuyos derivados se utilizan como gelificantes, emulgentes, espesantes o estabilizantes en vinos, postres o embutidos



## Función Ecológica de las Algas

Todo ser vivo **almacena** en su organismo **materia orgánica**, que puede servir de alimento a otro ser, por lo que forma parte de la **cadena trófica** o alimentaria

La alimentación es un vehículo de transmisión de energía entre seres vivos. Todos ellos dependen de la energía acumulada por aquellos organismos capaces de sintetizar materia orgánica a partir de la energía de la luz solar y de las sustancias minerales disueltas en el agua (vegetales autótrofos)

El ciclo de materia viva se cierra gracias a la acción de los organismos descomponedores, que degradan los restos y las sustancias eliminadas por todos los seres vivos, para ser de nuevo utilizadas por los autótrofos

Las algas son productores primarios (autótrofos), y en ello de importancia ecológica vital en los medios acuáticos

El fitoplancton son algas diminutas que viven en suspensión en el agua y que en condiciones favorables, en 24 horas llegan a producir su propio peso en material orgánico. Junto con las bacterias quimiosintéticas son los principales responsables de la producción primaria en la mar

11

## Función Ecológica de las Algas

Todo ser vivo **almacena** en su organismo **materia orgánica**, que puede servir de alimento a otro ser, por lo que forma parte de la **cadena trófica** o alimentaria

Otra función es su **contribución en la formación de rocas y sedimentos marinos**. Cuando mueren se van acumulando en los fondos marinos formando, en el transcurso de las épocas geológicas, enormes depósitos de material fósil

El **poder descontaminante** de las aguas marinas es debido a las propiedades bactericidas del fitoplancton, capaz de eliminar las bacterias patógenas de los vertidos contaminantes.

**Contribuyen a la producción y concentración de** algunos elementos y compuestos químicos, como  **$N_2$ , P, Zn, y otros fertilizantes** que son imprescindibles para la vida en la mar

**Liberan  $O_2$**  en su actividad fotosintetizadora

Las algas costeras amortiguan el oleaje en la línea de costa, y sirven como hábitat (esponjas, moluscos, crustáceos y peces)

12

## Ecología de las Algas

Las algas **sólo están presentes en una mínima parte** del inmenso volumen que representan las **aguas marinas**

Su condición de organismos autótrofos hace que sea **la luz el principal factor limitante** para que puedan vivir (la profundidad que alcanza la luz solar varía según los mares, pero ronda los 200 metros)

El fitoplancton abunda en las capas superficiales de la región, desplazándose de un lugar a otro merced a las corrientes marinas. Hay otras algas (bentónicas) viven fijadas al fondo en una estrecha franja que bordea la costa

La distribución de las distintas especies bentónicas es consecuencia de diversos factores ecológicos. Entre los **abióticos** están: luz, temperatura, sales en disolución, etc. Los **factores bióticos** se refieren a las relaciones con otros seres vivos que comparten los mismos biotopos

## Ecología de las Algas

### ➤ **Factores abióticos:**

- **Luz:** a partir de una cierta profundidad (variable según la latitud y la turbidez del agua), la cantidad de luz disponible es insuficiente para la vida vegetal, por lo que las algas desaparecen. En el Cantábrico esta profundidad son unos 35 metros

La absorción de luz es selectiva, las radiaciones de menor energía (mayor  $\lambda$ ), que corresponden al rojo, no penetran más de los 10 metros. Las radiaciones de mayor energía (menor  $\lambda$ ) se corresponden con verdes y azules, son las que predominan en la composición de la luz a medida que aumenta la profundidad

Las algas verdes (reflejan el verde), absorben predominantemente radiaciones de la región roja del espectro solar, se sitúan, en los niveles más superficiales. Las algas rojas, absorben las radiaciones verde-azules, son más abundantes a mayor profundidad. Las algas pardas ocupan niveles intermedios. Esta es una regla general con numerosas excepciones

## Ecología de las Algas

### ➤ Factores abióticos:

- **Luz:**

- **Temperatura:** la temperatura media y las extremas del medio son determinantes en la distribución geográfica de las algas. La distribución de las algas en los océanos está limitada en latitud por la T<sup>a</sup> de los meses más cálidos o más fríos.

Pero la distribución de las T<sup>a</sup> del agua de mar superficial depende no sólo de la latitud, sino que también está condicionado por las corrientes marinas frías o cálidas. En general, los mares templados son los que presentan mayor vegetación

Las variaciones térmicas, diarias o estacionales, son mucho más importantes para las algas que viven en la zona de oscilación de las mareas que para las que viven permanentemente sumergidas

## Ecología de las Algas

### ➤ Factores abióticos:

- **Luz:**

- **Temperatura:**

- **Sustrato:** al carecer de raíces y vasos conductores, no extraen nutrientes del sustrato, sino que lo hacen del medio acuático que las rodea, por lo que son indiferentes a la naturaleza del sustrato

No obstante, las rocas duras y rugosas facilitan la fijación de las especies bentónicas, y les proporcionan la estabilidad necesaria para su desarrollo

- **Oleaje:** es un factor selectivo en cuanto a la distribución de las distintas especies bentónicas. En los lugares expuestos se instalan aquellas provistas de un sistema de fijación al sustrato suficientemente fuerte para soportar el embate de las olas

El oleaje, junto con las corrientes, produce la mezcla de distintas capas de agua, homogeneizando la T<sup>a</sup> y favoreciendo la circulación de sustancias nutritivas y gases en disolución.



## Ecología de las Algas

### ➤ **Factores abióticos:**

- **Luz:**
- **Temperatura:**
- **Sustrato:**
- **Oleaje:**
- **Composición química del agua:** la composición en una región relativamente extensa, se mantiene prácticamente constante, pero a nivel local se pueden presentar variaciones en algunos parámetros químicos que tienen una influencia vital en las algas:
  - **Salinidad:** estuarios y desembocaduras de ríos pueden sufrir fuertes variaciones
  - **Nutrientes y oligoelementos:** las aguas costeras suelen contener cantidades suficientes para las algas bentónicas. No ocurre lo mismo en el océano para el fitoplancton, donde los nutrientes son un factor limitante, que depende de las corrientes, sobre todo de las corrientes verticales ascendentes
  - **Gases disueltos:** especialmente CO<sub>2</sub> y O<sub>2</sub>.

17

## Ecología de las Algas

### ➤ **Factores abióticos:**

- ### ➤ **Factores bióticos:** relaciones se pueden establecer entre las propias algas marinas y entre éstas y los animales que comparten el mismo hábitat, que pueden favorecer o dificultar el desarrollo de determinadas especies

Son particulares de cada caso

18

## Usos

### ➤ **Alimenticio:**

Históricamente fue su primer uso, y se utilizó tanto para personas como para animales, aprovechando su alto contenido de sales minerales (I, K)

Hoy en día se aprovechan estas cualidades para utilizarlo como suplemento alimenticio [la Spirulina, se emplea como alimento por su alto contenido proteico, hasta el 70% del peso seco]

La mayoría de las algas marinas son muy flexibles y tienen gran capacidad higroscópica, por lo que tras un secado (para evitar su descomposición), son capaces de absorber agua recuperar su elasticidad, lo que les confiere buenas propiedades culinarias

Las algas poseen sustancias coloidales que permiten dar una consistencia gelatinosa a los alimentos y preparados, por lo que se utilizan como materia prima de ciertos productos alimenticios industriales

De ellas se obtienen algunas sustancias (algina, agar y el carragen) que son los aditivos E-401, E-402, E-403 y E-404; E-406; y E-407

19

## Usos

### ➤ **Alimenticio:**

### ➤ **Agropecuarios:**

Son una fuente de abono para las tierras de cultivo. Además impiden el crecimiento de malas hierbas

También se utilizan como complemento en la dieta del ganado

### ➤ **Cosmética:**

La industria cosmética las utiliza en la elaboración de dentífricos, geles de baños, cremas faciales, corporales, del cabello y jabones

20

## Usos

- **Alimenticio:**
- **Agropecuarios:**
- **Cosmética:**
- **Farmacológicos y terapéuticos:**

Su uso es muy común en la medicina tradicional en el sudeste asiático, ya que pueden tener propiedades como antibióticos y antifúngicos. En la industria farmacológica su uso está relacionado con su poder gelificante, también se ha encontrado actividad antitumoral, antioxidante y antiúlceras

En homeopatía, ya que algunas algas poseen propiedades emolientes, laxantes, expectorantes, anti estreñimiento, dilatadoras, o ayudan a combatir las paperas, gota y la obesidad

Actualmente se investiga sobre la eficacia contra ciertas afecciones y enfermedades como son: trombosis, colesterol, trastornos gástricos y vesiculares, reumatismo y la espasmodia

21

## Usos

- **Alimenticio:**
- **Agropecuarios:**
- **Cosmética:**
- **Farmacológicos y terapéuticos:**
- **Industriales**

Los primeros usos industriales, que se mantuvieron hasta principios del siglo XX, tenían como objetivo la obtención de sosa, potasa y carbonato cálcico, para la fabricación de vidrios y jabones. También se utilizaron para la extracción de yodo, así como diferentes tintes y colorantes

Hoy en día se usan como colorantes, tintes, pinturas, betunes, abonos, pastas dentífricas, impermeabilizantes, ...

22

## Usos

- **Alimenticio:**
- **Agropecuarios:**
- **Cosmética:**
- **Farmacológicos y terapéuticos:**
- **Industriales:**
- **Energéticos:**

En los últimos tiempos ha aparecido el interés energético, particularmente para la producción de **biodiesel**

El uso de microalgas para su producción presenta buena eficiencia fotosintética, son más eficaces en la asimilación de CO<sub>2</sub> y otros nutrientes que otras plantas, no requieren tierras cultivables, demandan menor consumo de agua renovable y se pueden cultivar en agua salobre

## Usos

- **Alimen**
- **Agropo**
- **Cosme**
- **Farma**
- **Indust**
- **Energe**

El biodiésel se utiliza fundamentalmente en automoción, aunque es perfectamente válido para su uso en calderas

La idea de utilizar aceite vegetal como combustible de automoción ha existido desde la invención del motor diésel. Rudolph Diésel. Pero por el bajo precio del petróleo, a principios del siglo XX los motores diésel se adaptaron al uso de destilados del petróleo

Aunque el biodiésel puede ser utilizado (puro o en diferentes proporciones de mezcla con diésel convencional) en motores diésel, hay que tener en cuenta las siguientes diferencias funcionales que presenta respecto al diésel:

- Mayor número/índice de cetano: mejor capacidad de autoignición
- Mayor densidad
- Punto de solidificación más alto, por lo que podría dar problemas de arranque o para el manejo en depósitos, surtidores o filtros
- Puede disolver sedimentos acumulados en un vehículo usado con diésel, por lo que se recomienda una limpieza del tanque y tuberías del sistema de alimentación para evitar la obturación de filtros

En los  
para la

El uso  
fotosint  
que of  
consum

## Usos

El biodiésel se utiliza fundamentalmente en automoción, aunque es perfectamente válido para su uso en calderas

- Compatibilidad con materiales: puede afectar a juntas, sellos, manguitos y conductos, particularmente a los fabricados en goma natural o nitrilo antes de 1993 .
- Lubricación: la adición de pequeñas cantidades de biodiésel (1-2%) al diésel convencional mejora sustancialmente las características lubricantes del diésel bajo en azufre, permitiendo la eliminación de otros aditivos lubricantes
- Menor poder calorífico (alrededor de un 11%), por lo que se incrementa el consumo (alrededor de un 15%) y se disminuye la potencia (sobre un 7%).
- Las fugas y pérdidas accidentales de combustible son más biodegradables

En general, para automoción se utilizan mezclas con porcentajes de biodiesel inferiores al 20%; y para automóviles fabricados después del año 93 no suele ser necesaria ninguna modificación

Para el empleo de biodiesel puro o en adiciones superiores al 20%, se requieren modificaciones menores (manguitos, juntas) a menos que el motor ya esté preparado.

consumo de diésel, por lo que se recomienda una limpieza del tanque y tabernas del sistema de alimentación para evitar la obturación de filtros

## Usos

- **Alimenticio:**
- **Agropecuarios:**
- **Cosmética:**
- **Farmacológicos y terapéuticos:**
- **Industriales:**
- **Energéticos:**
- **Ecológicos:**

Se utilizan: como bioindicadores y en la purificación de aguas (forman parte del plancton y por lo tanto en la producción alimenticia primaria y de oxígeno en los mares)

## Producción

Crecen de manera espontánea y son muy abundantes en la naturaleza, por lo que se puede realizar una

- **Recolección:** muy simple y económico, pero no se controla la producción, y disminuye la disponibilidad de alimento de muchos organismos, por lo que hay un gran impacto en la cadena trófica

Pero la producción industrial necesita tanto obtener la microalga adecuada (en función de la utilidad deseada), como asegurar la producción necesaria. Esto requiere realizar un cultivo controlado en el que se potencien las variables que optimicen el rendimiento

Las macroalgas, tienen muchos usos comerciales e industriales, pero debido a su tamaño y los requerimientos específicos del ambiente que necesitan para crecer, son mucho más difíciles de cultivar a gran escala como las microalgas, por lo que normalmente se cosechan directamente del océano

## Producción

Crecen de manera espontánea y son muy abundantes en la naturaleza, por lo que se puede realizar una

- **Recolección:**
- **Cultivo en mar abierto:** es simple y económico (no se usan ni fertilizantes ni pesticidas). Se usan balsas flotantes para sujetar los implantados que crecen con ciclos de producción entre 4 y 6 semanas

Pero la producción de manera artificial en el mar aumenta la presencia de estos organismos en la naturaleza, altera la disponibilidad de alimento de muchos organismos, lo que impacta significativamente en la cadena trófica

- **Cultivo en plantas industriales:** en ellas se optimiza el ambiente (luz, temperatura, ...) para maximizar la producción. Es complejo y caro, pero se controla la producción y se puede alcanzar alta rentabilidad económica

## Técnicas de cultivo de las microalgas

- **Cultivo en estanques al aire libre:** es la forma más simple de cultivo, y son simples piscinas descubiertas expuestas al sol
  - Se aportan los nutrientes necesarios para que las microalgas se puedan reproducir a un ritmo acelerado.
  - Es un sistema económico, pero de poca producción
  - Se utiliza para suministrar a empresas de los sectores alimentario y cosmética



29

## Técnicas de cultivo de las microalgas

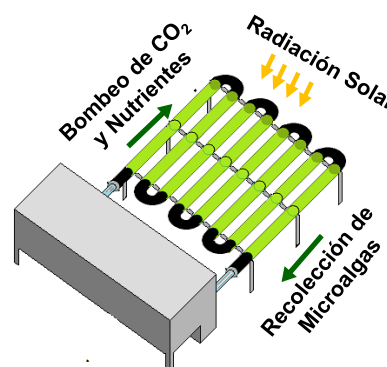
- **Cultivo en estanques al aire libre:** es la forma más simple de cultivo, y son simples piscinas descubiertas expuestas al sol
- **Cultivo de tanques en invernadero:** los tanques de agua en los cuales se reproducen las microalgas están protegidos por invernaderos. Se requiere de un sistema de aireación, que permita oxigenar el agua
  - Tiene mejor control de la T<sup>a</sup> y una pérdida muy reducida de agua
  - Requiere de mayor inversión, pero se aumenta la producción
  - Este sistema tiene buen equilibrio entre la eficiencia de producción y los costes



30

## Técnicas de cultivo de las microalgas

- **Cultivo en estanques al aire libre:** es la forma más simple de cultivo, y son simples piscinas descubiertas expuestas al sol
- **Cultivo de tanques en invernadero:** los tanques de agua en los cuales se reproducen las microalgas están protegidos por invernaderos. Se requiere de un sistema de aireación, que permita oxigenar el agua
- **Cultivo en fotobioreactores:** son conductos transparentes aislados del exterior en los cuales se desarrollan las microalgas
  - Si se colocan en el exterior se capta mayor cantidad de radiación solar
  - Un sistema automático debe encargarse de suministrar a las microalgas el CO<sub>2</sub> y los nutrientes, y de recolectarlas para optimizar la producción
  - Son el sistema más productivo



31



- **Cultivo de tanques en invernadero:** los tanques de agua en los cuales se reproducen las microalgas están protegidos por invernaderos. Se requiere de un sistema de aireación, que permita oxigenar el agua



- Son el sistema más productivo

32



## Técnicas de cultivo de las microalgas

- Los sistemas abiertos tienen una operación, limpieza y construcción más fácil, por lo que son más fácilmente escalables
- En los sistemas cerrados se tienen mejor control de las condiciones, por lo que poseen mayor productividad

## Ventajas del cultivo de microalgas frente a los cultivos energéticos

Las ventajas de las microalgas para la producción de biocombustibles son:

- **Gran nivel de productividad**, mucho mayor que cualquier otro tipo de cultivo energético, ya que las microalgas se pueden desarrollar a gran velocidad (20 a 80 veces superior a maíz, la soja o la caña de azúcar, soja, girasol o palma)
- **No se emite CO<sub>2</sub> adicional a la atmósfera**, el CO<sub>2</sub> que liberan en su combustión es el que previamente se ha fijado en su desarrollo, resultando un balance final igual a cero
- **No requiere tierras cultivables**
- La producción de biocombustible a partir de microalgas **no afecta al mercado de alimentos**, como si sucede con la producción de bioetanol o biodiesel a partir de cereales (los encarece)
- **No contribuye a la deforestación**, como pasa con otros cultivos energéticos. Es posible realizar el cultivo de microalgas en estanques localizados en áreas desérticas o en terrenos improductivos
- Demandan **menor consumo de agua** que otros cultivos
- Dependiendo del tipo de alga, se puede **cultivar en agua salobre**

## Productos derivados del cultivo de microalgas

La utilización de microalgas como cultivos energéticos permite la obtención de:

- **Biodiesel:** ciertas microalgas producen aceites que almacenan entre sus membranas. Es posible extraer estos aceites y emplearlos como combustible en motores diésel. Es un proceso de relativa sencillez y aceptable rendimiento
- **Bioetanol:** hay un tipo de microalgas verde azuladas denominadas cianobacterias que se alimentan que producen de manera natural etanol
- **Biomasa:** las algas contienen celulosa que se puede emplear para distintos fines, entre ellos el energético. El poder calorífico del kilogramo de biomasa de alga es similar al del carbón. Otro posible uso alternativo de esta biomasa es la producción de papel
- **Biopetróleo:** es posible obtener biopetróleo a partir de algas si se reproducen artificial y aceleradamente los procesos que dan lugar al petróleo de origen fósil. Este biopetróleo permite los mismos usos del petróleo fósil, pero tiene balance nulo de emisiones de CO<sub>2</sub>

## Materia prima para síntesis de Biodiesel

ORGANISMO	RENDIMIENTO DE ACEITE (L/ha)	PRODUCTIVIDAD BIODIESEL (L/ha/año)	SUP. EQUIV. REQUERIDA (ha x 10 <sup>6</sup> )
Palma	2.400	5.950	3.972
Jatropha	1.300	1.892	14.490
Colza	1.100	1.190	19.859
Girasol	690	950	24.823.
Soja	400	446	52.986
Microalga	18.750	12.000	1.969
Microalga	58.760	-	--

## Producción de Biodiesel

La producción de biodiésel es un proceso químico bien conocido

El proceso convencional es la Transesterificación, que consiste en hacer reaccionar a baja presión y temperatura:

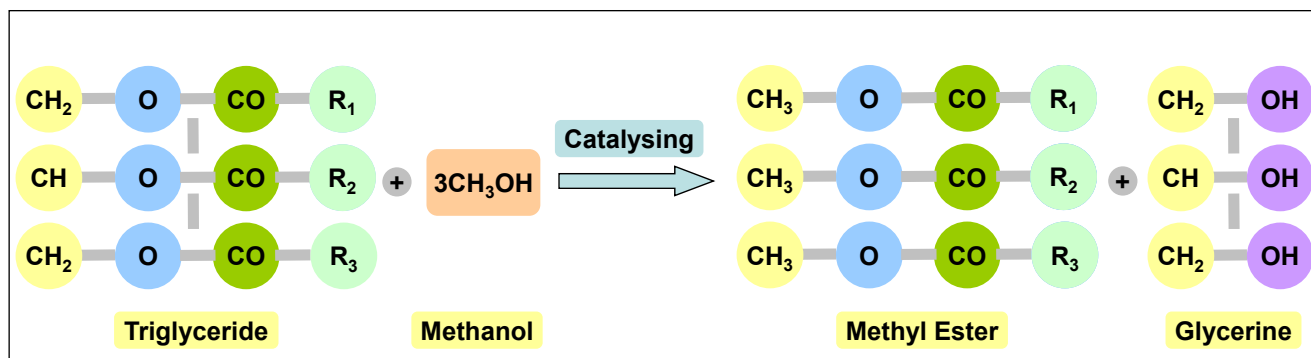
- el aceite o grasa
- un alcohol de bajo peso molecular (generalmente metanol o etanol)
- un catalizador

Como consecuencia de dicha reacción, y en función del alcohol empleado, se obtiene un metiléster o etiléster de ácidos grasos (**biodiésel**) y glicerina como subproducto

En función del contenido en ácidos grasos libres de la materia prima se pueden aplicar sistemas alternativos de producción

## Reacciones en la formación de Biodiesel

### Transesterification



Aceite o grasa

Alcohol

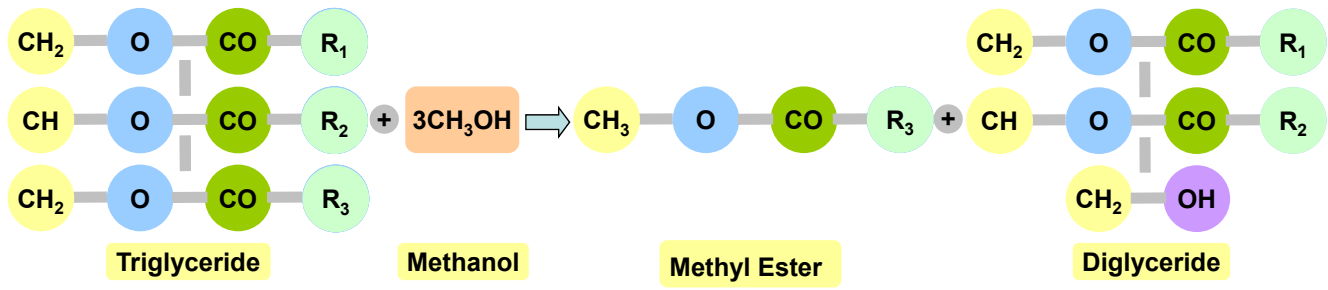
Biodiesel

Glicerina

Reacciones en la formación de Biodiesel

Se produce en tres pasos

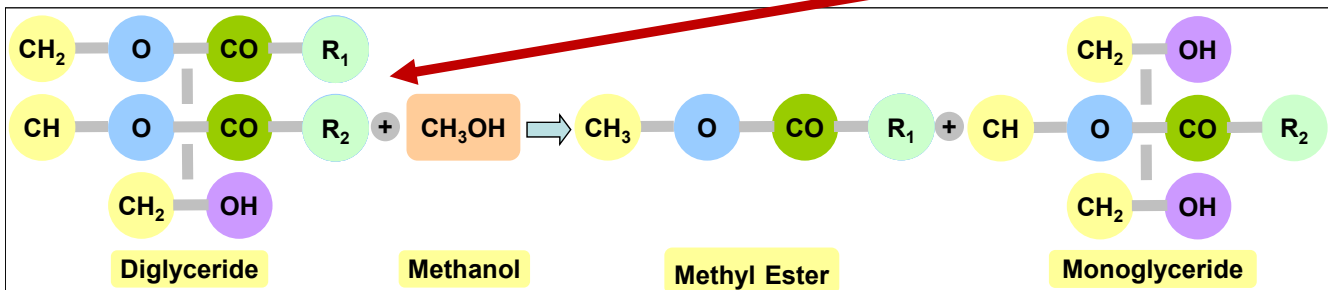
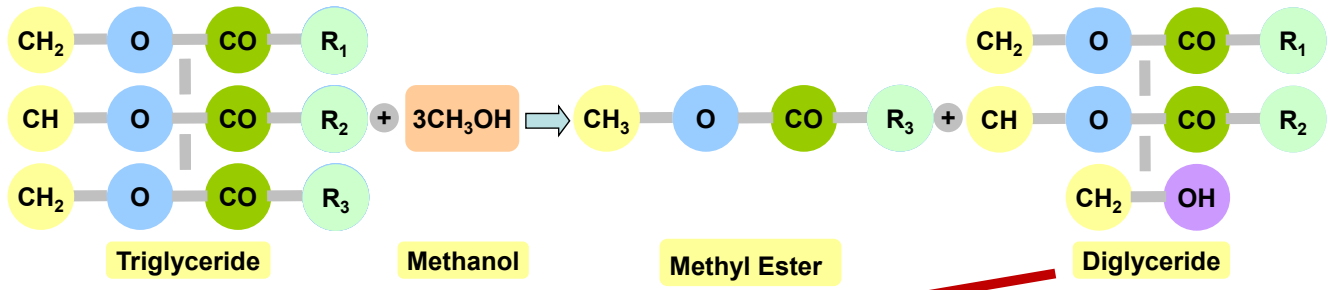
Transesterification Reactions



Reacciones en la formación de Biodiesel

Se produce en tres pasos

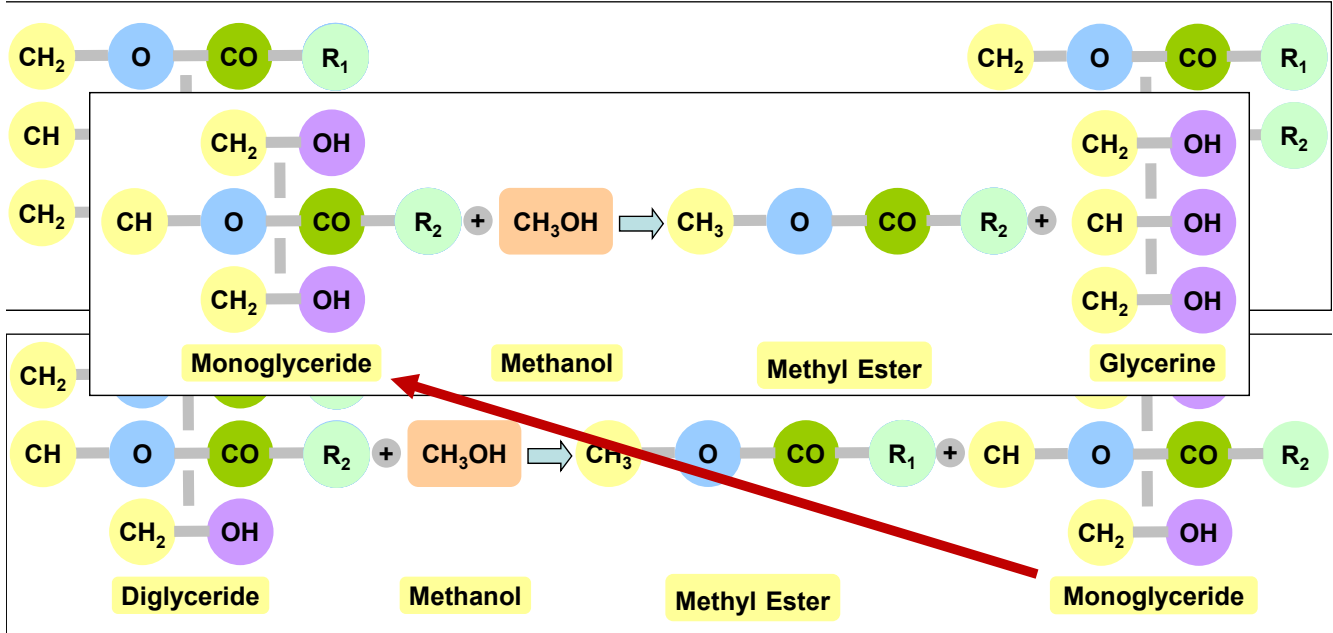
Transesterification Reactions



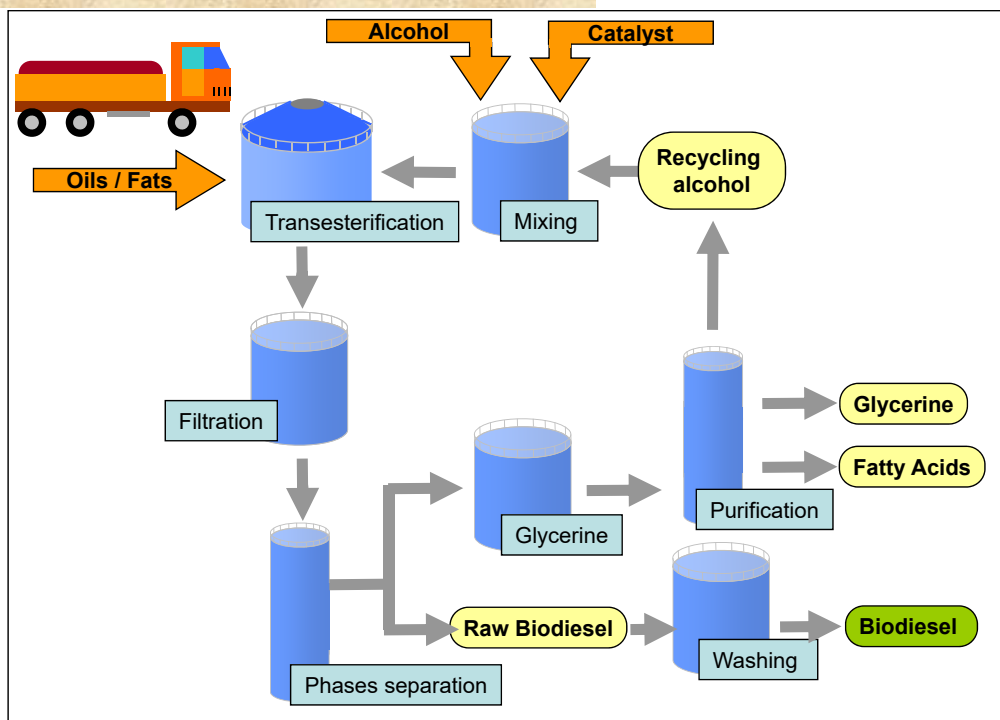
## Reacciones en la formación de Biodiesel

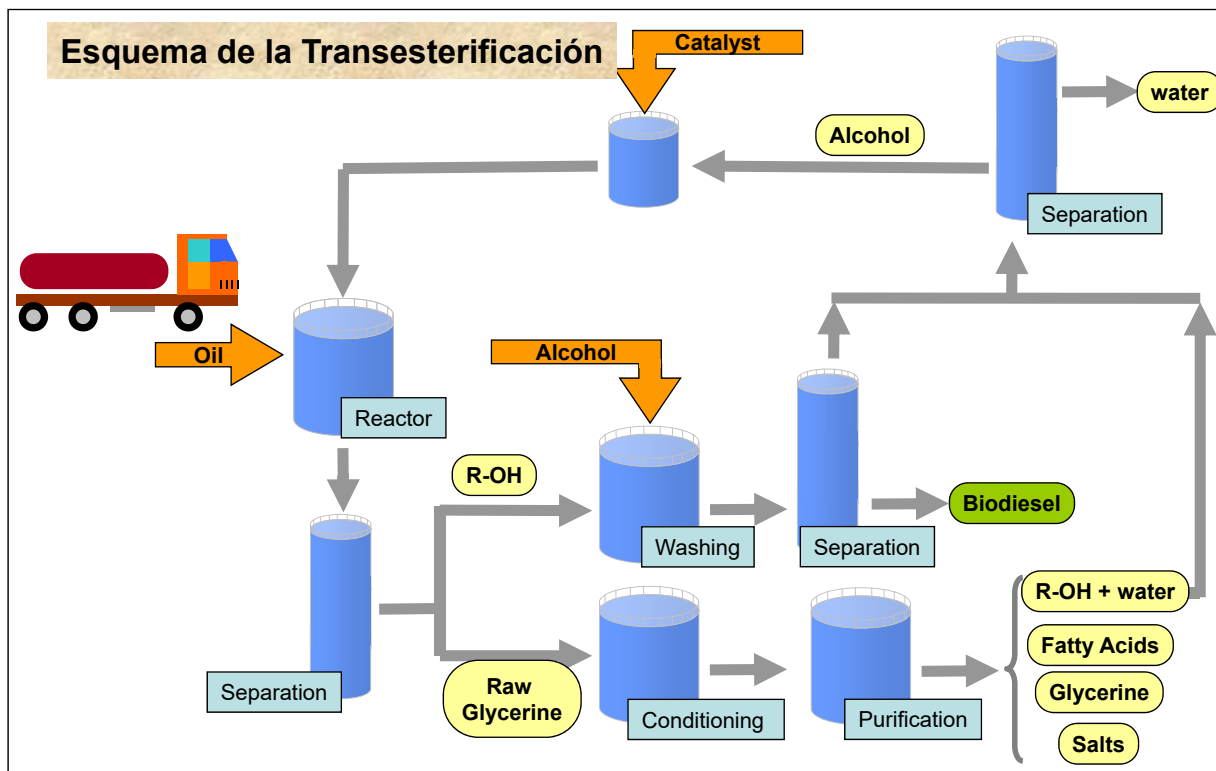
Se produce en tres pasos

### Transesterification Reactions

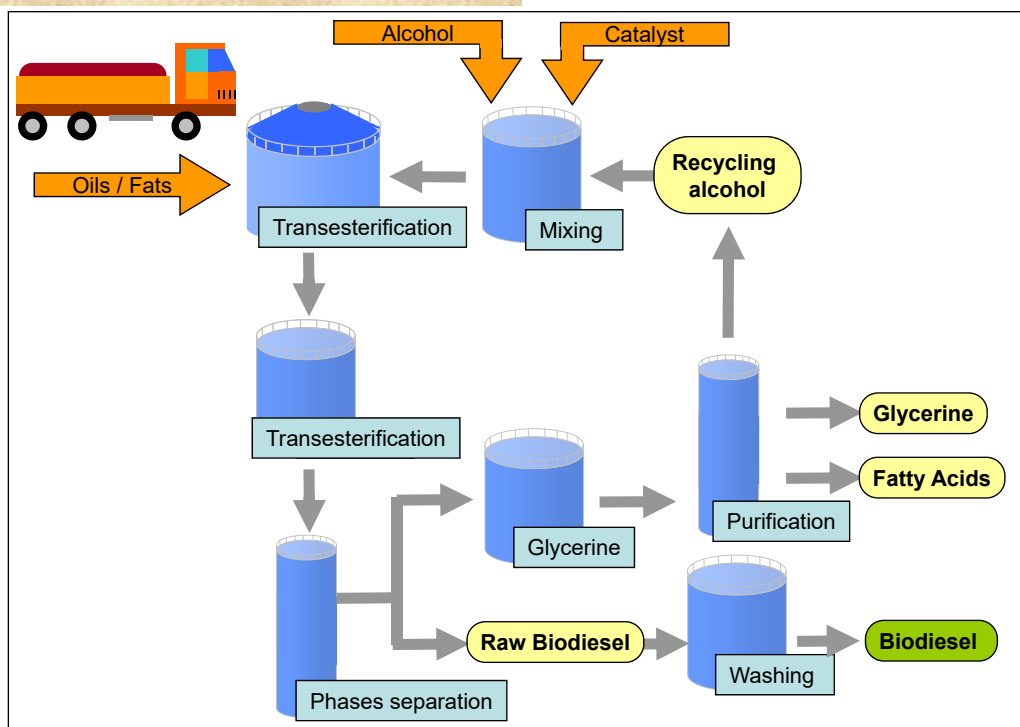


## Esquema de la Producción de Biodiesel





**Esquema de la Transesterificación**



## Fuentes del Conocimiento

Scopus Search Sources Alerts Lists Help SciVal Register Login

### Document search

Documents Authors Affiliations Advanced Search tips

Search **algae biodiesel** Article title

E.g., "Cognitive architectures" AND robots

> Limit

Reset form Search

UC BIBLIOTECA UNIVERSITARIA Help improve Scopus

About Scopus Language Customer Service

45

Scopus Search Sources Alerts Lists Help SciVal Register Login

### 184 document results

View secondary documents View 5506 patent results View 103 Mendeley Data

Scopus TITLE (algae AND biodiesel)

Edit Save Set alert Set feed

Search within results...

Refine results

Limit to Exclude

Access type

- Open Access (26)
- Other (158)

Year

- 2018 (16)
- 2017 (112)

Analyze search results Show all abstracts Sort on: Date (newest)

Document title	Authors	Year	Source	Cited by
1 Valorization of harmful algae <i>E. compressa</i> for biodiesel production in presence of chicken waste derived catalyst	Rahman, M.A.	2018	Renewable Energy 129, pp. 132-140	0
2 Extraction of oil from algae for biodiesel production, from Quetta, Pakistan	Baig, R.U., Malik, A., Ali, K., (...), Mengal, A.N., Khan, M.N.	2018	IOP Conference Series: Materials Science and Engineering 414(1),012022	0

UC BIBLIOTECA UNIVERSITARIA Help improve Scopus

About Scopus Language Customer Service

46

## Fuentes del Conocimiento

Renewable and Sustainable Energy Reviews 14 (2010) 217–232

Contents lists available at ScienceDirect

**Renewable and Sustainable Energy Reviews**

journal homepage: [www.elsevier.com/locate/rser](http://www.elsevier.com/locate/rser)




**Microalgae for biodiesel production and other applications: A review**

Teresa M. Mata<sup>a,1,\*</sup>, António A. Martins<sup>a,2</sup>, Nidia. S. Caetano<sup>b,1</sup>



<sup>a</sup> Faculty of Engineering, University of Porto (FEUP), R. Dr. Roberto Frias S/N, 4200-465 Porto, Portugal  
<sup>b</sup> School of Engineering (ISEP), Polytechnic Institute of Porto (IPP), R. Dr. António Bernardino de Almeida, 4200-072 Porto, Portugal

Renewable and Sustainable Energy Reviews 14 (2010) 557–577

Contents lists available at ScienceDirect

**Renewable and Sustainable Energy Reviews**

journal homepage: [www.elsevier.com/locate/rser](http://www.elsevier.com/locate/rser)

**Biofuels from microalgae—A review of technologies for production, processing, and extractions of biofuels and co-products**

Liam Brennan<sup>a,\*</sup>, Philip Owende<sup>a,b</sup>

<sup>a</sup> Charles Parsons Energy Research Programme, Bioresources Research Centre, School of Agriculture, Food Science and Veterinary Medicine, University College Dublin, Belfield, Dublin 4, Ireland  
<sup>b</sup> School of Informatics and Engineering, Institute of Technology Blanchardstown, Blanchardstown Road North, Dublin 15, Ireland

47

Renewable and Sustainable Energy Reviews 14 (2010) 217–232

Contents lists available at ScienceDirect

**Renewable and Sustainable Energy Reviews**

journal homepage: [www.elsevier.com/locate/rser](http://www.elsevier.com/locate/rser)




## Microalgae for biodiesel production and other applications: A review

Teresa M. Mata<sup>a,1,\*</sup>, António A. Martins<sup>a,2</sup>, Nidia. S. Caetano<sup>b,1</sup>

### 1. Introduction

### 2. Microalgae for biodiesel production

#### 2.1. Viability of microalgae for biodiesel

- 2.1.1. What are microalgae?
- 2.1.2. Advantages of using microalgae for biodiesel production
- 2.1.3. Historic evolution of microalgae production systems
- 2.1.4. Microalgae lipid content and productivities

#### 2.2. Microalgae biodiesel value chain stages

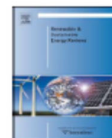
- 2.2.1. Algae and site selection
- 2.2.2. Algae cultivation
- 2.2.3. Harvesting and biomass concentration
- 2.2.4. Processing and components extraction
- 2.2.5. Biodiesel production

#### 2.3. Microalgae culture systems

- 2.3.1. Open versus closed-culture systems.
- 2.3.2. Batch versus continuous operation
- 2.3.3. Designs and construction materials of culture systems

48





## Microalgae for biodiesel production and other applications: A review

Teresa M. Mata<sup>a,1,\*</sup>, António A. Martins<sup>a,2</sup>, Nidia. S. Caetano<sup>b,1</sup>

1. Introduction
2. Microalgae for biodiesel production
  - 2.1. *Viability of microalgae for biodiesel*
  - 2.2. *Microalgae biodiesel value chain stages*
  - 2.3. *Microalgae culture systems*
3. **Other applications and products from microalgae**
  - 3.1. **Environmental applications**
    - 3.1.1. Flue gas CO<sub>2</sub> emissions as microalgae nutrient
    - 3.1.2. Wastewater nitrogen and phosphorous as microalgae nutrients
  - 3.2. **Microalgae fine chemicals and bioactive compounds**
    - 3.2.1. Microalgae applications in human health
    - 3.2.2. Microalgae for aquaculture and animal feed



## Biofuels from microalgae—A review of technologies for production, processing, and extractions of biofuels and co-products

Liam Brennan<sup>a,\*</sup>, Philip Owende<sup>a,b</sup>

1. Introduction
  - 1.1. *Energy outlook and salient environmental issues.*
  - 1.2. *Development of biofuel resources*
  - 1.3. *Potential role of biofuels from microalgae*
2. Biology of microalgae
3. Technologies for microalgal biomass production.
  - 3.1. **Photoautotrophic production**
    - 3.1.1. Open pond production systems
    - 3.1.2. Closed photobioreactor systems
    - 3.1.3. Hybrid production systems
  - 3.2. **Heterotrophic production**
  - 3.3. **Mixotrophic production**
  - 3.4. **Microalgae production and biofuels productivity factors**
    - 3.4.1. Impact of photosynthetic efficiency (PE) on microalgal biofuel production
    - 3.4.2. Impact of strain selection
    - 3.4.3. Lipid productivity

Biofuels from microalgae—A review of technologies for production, processing, and extractions of biofuels and co-products

Liam Brennan<sup>a,\*</sup>, Philip Owende<sup>a,b</sup>

1. Introduction
2. Biology of microalgae
3. Technologies for microalgal biomass production
4. Co-processes in microalgae production
  - 4.1. *Bio-mitigation of CO<sub>2</sub> emissions with microalgae*
  - 4.2. *Waste water treatment potential of microalgae*
5. Recovery of microalgal biomass
  - 5.1. *Harvesting methods*
    - 5.1.1. Flocculation and ultrasonic aggregation
    - 5.1.2. Harvesting by flotation
    - 5.1.3. Gravity and centrifugal sedimentation
    - 5.1.4. Biomass filtration
  - 5.2. *Extraction and purification of microalgal biomass*
    - 5.2.1. Dehydration processes
    - 5.2.2. Extraction and purification of biofuels
    - 5.2.3. Extraction and purification for algal metabolites

51

Biofuels from microalgae—A review of technologies for production, processing, and extractions of biofuels and co-products

Liam Brennan<sup>a,\*</sup>, Philip Owende<sup>a,b</sup>

1. Introduction
2. Biology of microalgae
3. Technologies for microalgal biomass production
4. Co-processes in microalgae production
5. Recovery of microalgal biomass
6. Algal biofuels conversion technologies
  - 6.1. *Thermochemical conversion*
    - 6.1.1. Gasification
    - 6.1.2. Thermochemical liquefaction
    - 6.1.3. Pyrolysis
    - 6.1.4. Direct combustion
  - 6.2. *Biochemical conversion*
    - 6.2.1. Anaerobic digestion
    - 6.2.2. Alcoholic fermentation
    - 6.2.3. Photobiological hydrogen production
  - 6.3. *Algal biomass-to-biodiesel*

52



## Biofuels from microalgae—A review of technologies for production, processing, and extractions of biofuels and co-products

Liam Brennan<sup>a,\*</sup>, Philip Owende<sup>a,b</sup>

1. Introduction
2. Biology of microalgae
3. Technologies for microalgal biomass production
4. Co-processes in microalgae production
5. Recovery of microalgal biomass
6. Algal biofuels conversion technologies
7. Other applications of microalgae extracts
  - 7.1. *Microalgae uses in human nutrition*
  - 7.2. *Microalgae uses in animal feed and aquaculture*
  - 7.3. *Microalgal applications as biofertiliser*
  - 7.4. *Microalgae as source of polyunsaturated fatty acids*
  - 7.5. *Microalgal recombinant proteins*

53

## Algas Marinas



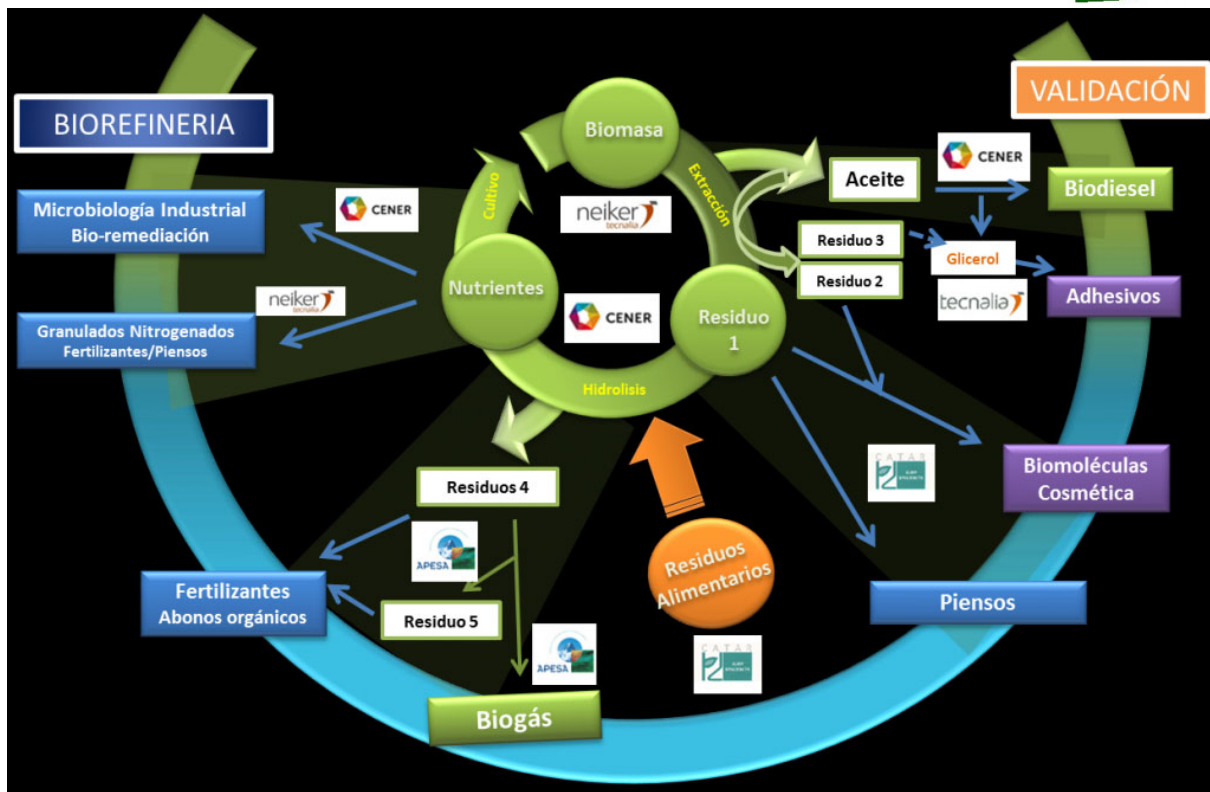
### Fuentes del Conocimiento

<http://www.cyclalg.com/>



The screenshot shows the homepage of the CYCLALG project website. At the top left is the CYCLALG logo. To the right, it states 'Proyecto cofinanciado por el Fondo Europeo de Desarrollo Regional (FEDER)' and features logos for 'Interreg POCTEFA' and the 'UNION EUROPEA INICIATIVA EUROPEA'. A navigation menu includes 'Presentación', 'Acciones', 'Socios', 'Resultados', 'Blog', 'Vigilancia tecnológica', 'Contacto', and 'Idioma: ES'. The main content area has a background image of green algae and contains the text 'PROYECTO CYCLALG' and 'UNA RED DE CENTROS TECNOLÓGICOS PARA DESARROLLAR UNA BIOREFINERÍA A BASE DE ALGAS'. A green button at the bottom center says 'CONOCER EL PROYECTO'.

54



## Centrales de energías renovables

Generación eléctrica con energías renovables

José Antonio Carta González  
Roque Calero Pérez  
Antonio Colmenar Santos  
Manuel-Alonso Castro Gil  
Eduardo Collado Fernández



## CENTRALES DE ENERGIA RENOVABLE

J. A. Carta, R. Calero, A. Colmenar, M.A. Castro, E. Callado  
Ed: Pearson

<http://es.pfernandezdiez.es/index.php?pageID=15>

**ENERGÍA MAREMOTRIZ  
ENERGÍA DE LA OLAS  
ENERGÍA MAREMOTERMICA**  
Pedro Fernández Díez  
Universidad de Cantabria

