

Algas, el último sistema biológico que usa la luz solar para capturar y convertir el dióxido de carbono en combustible.

Por Hernán F. Pacheco

Índice:

<u>Análisis I:</u> Las algas toman la delantera entre los <i>advanced biofuels</i>	4
• <i>Algas, primeros organismos fotosintéticos liberadores de oxígeno</i>	7
• <i>Métodos</i>	9
<u>Análisis II:</u> Petroleras y biotecnológicas entran fuertemente al sector de los combustibles de algas	11
• <i>Dow Chemical + Algenol Biofuels = etileno para fabricar plásticos</i>	12
• <i>Biología sintética: ExxonMobil y Synthetic Genomics, algas biomodificadas</i>	16
• <i>Solazyme-Chevrom cultiva algas a oscuras</i>	19
• <i>OriginOil apuesta por las técnicas de ultrasonido y pulso electromagnético</i>	20
• <i>Aurora Biofuel contempla producir combustibles de algas por 2 dólares el galón</i>	22
• <i>Bionavitas apuesta por Light Immersion Technology para hacer más eficiente el proceso</i>	23
<u>Análisis III:</u> Inclusión de los combustibles de algas en el renewable fuels standard	24
• <i>¿Cuándo podrían estar en el mercado los combustibles de algas? ¿2012 o 2016?</i>	26
• <i>Algas entre las especies invasivas que causan daños ¿solución energética y complicación ambiental?</i>	28
<u>Análisis IV:</u> “Zonas muertas”, nicho de producción de algas para combustibles	30
• <i>LiveFuels y la utilización de peces para producir combustibles</i>	33
• <i>Algae-to-Gas, el gas natural por otros medios</i>	34
• <i>Algas como vía de fermentación para aumentar la producción de hidrógeno</i>	36
• <i>Algas, el método natural para capturar dióxido de carbono</i>	37
<u>Análisis V:</u> Brasil apuesta por las cepas de micro-algas	38



Análisis I: Las algas toman la delantera entre los advanced biofuels



Es verde, fangoso y uno de los organismos más simples en la tierra, pero podría ser la clave para sostener la inminente crisis de combustible global, o por lo menos la presentan así. La pregunta es: ¿es una realidad inminente o un ardid publicitario? La creencia inicial es que las algas tienen el potencial para convertirse en el aceite capaz de impulsar aviones, trenes y automóviles.

Tras las crisis petroleras de los 70, Estados Unidos financió investigación para evaluar las perspectivas de nuevas fuentes de combustibles obtenidas de plantas

terrestres como el maíz y la soja, como así también las algas, como parte de los intentos del Presidente Jimmy Carter. Pero cuando los precios del petróleo cayeron drásticamente a finales de los años 80 y 90, el interés por esos programas disminuyó y el apoyo quedó relegado¹. En 1996, el programa fue cancelado, tras la inversión de aproximadamente 25 millones de dólares: la Administración de Bill Clinton concluyó que producir biodiesel a partir de algas era demasiado caro y, por tanto, inviable hasta que el precio del barril de petróleo no alcanzara los 40 dólares.

En Japón, el programa de Investigaciones de Tecnología Innovadora de la Tierra estudió ampliamente diferentes usos de microalgas. El programa se centró en sistemas cerrados de cultivo de algas pero fue interrumpido después de inversiones de más de 100 millones de dólares porque la tecnología no parecía factible. Ahora, los precios de la gasolina del siglo XXI, que llegaron a más de 4 dólares por galón en Estados Unidos el año pasado, provocaron un renacimiento en la búsqueda para nuevas soluciones energéticas biológicas².

Para Ben Graziano, gerente de P&D de Carbon Trust, agencia del gobierno británico de promoción de tecnologías que emiten poco carbono, los biocombustibles a partir de algas tienen un potencial para posibilitar “una gran economía de carbono”. Según The Guardian³, Carbon Trust proyecta que hasta 2030 los biocombustibles a partir de algas podrán sustituir más de 70 billones de litros de combustibles fósiles por año. Eso equivale un 12% del consumo anual de la aviación en el mundo, o un 6% de todo el diesel utilizado en el planeta un año. Son metas difíciles: hoy, Estados Unidos consume aproximadamente 525 billones de litros de gasolina por año. Si son alcanzadas, podrían evitar la emisión anual de 160 millones de toneladas de CO₂. Hay que reconocer el desafío de la escala. Actualmente, los biocombustibles (etanol producido principalmente a partir de maíz) suplen cerca de un 9% del consumo de combustibles líquidos de Estados Unidos, o poco más de 47 billones de litros anuales. En 2022, mantenidas la legislación en vigor y el patrón

¹ http://www.shell.com/home/content/innovation/news/shell_world_stories/2008/algae/

² Science Daily, “Biofuel Development Shifting From Soil To Sea, Specifically To Marine Algae”, (4/1/2009)

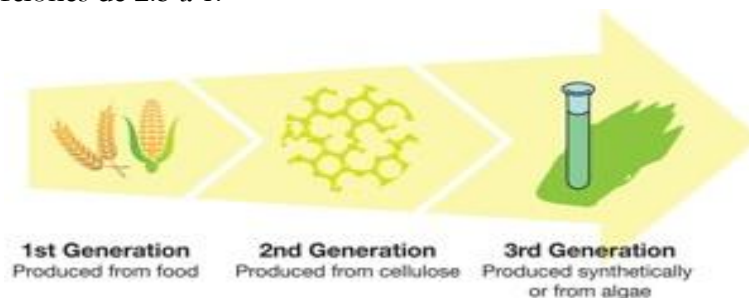
³ The Guardian, “Gene scientist to create algae biofuel with Exxon Mobil”, (14/7)

de consumo actual, el mercado norteamericano va a necesitar de 137 billones de litros de combustible.

Fáciles de cultivar y manejar, hay algunas muy ricas en aceite, un aceite similar al de la soja. Es que las algas, cultivadas al aire libre o en locales industriales, permiten a la vez absorber el anhídrido carbónico y producir carburante, pero también subproductos de comestibles y ricos en proteínas. A diferencia de otras oleaginosas, las microalgas se reproducen de forma exponencial. Mantenido en tanques rasos, consiguen duplicarse en cualquier tipo de agua. Su principal alimento es el dióxido de carbono (CO₂), lo que les confiere un segundo papel de “comedoras” de gases que afectan el ambiente.

El término micro-alga desde el punto de vista biotecnológico se refiere a aquellos microorganismos que contienen clorofila y otros pigmentos fotosintéticos capaces de realizar la fotosíntesis oxigénica. La mayor parte de las micro-algas son de hábitat acuáticos, tanto marinos como de agua dulce, aunque algunas viven en tierra. Los mares y océanos contienen enormes cantidades de algas plactónicas, estimándose que el 90% de la fotosíntesis total de la tierra es realizada por estos vegetales acuáticos. Las microalgas son, de hecho, uno de los más efectivos fijadores de CO₂ del planeta, con rendimientos más de cinco veces superiores a los de los cultivos agrícolas con mayor productividad, por lo que contribuyen a paliar significativamente el efecto invernadero convirtiéndolo en productos orgánicos utilizables⁴.

Si se mide por barriles, el combustible de algas proporciona de tres a cuatro unidades de energía por cada unidad utilizada para fabricarlo –una proporción que se aproxima a los niveles de eficiencia de 1-5 del petróleo. La proporción que se obtiene al fabricar etanol a partir del maíz es de sólo 1,2 a 1, según algunos estudios. Incluso en la fabricación de etanol a partir de plantas celulosas como el pasto, los investigadores pueden alcanzar proporciones de 2.5 a 1.



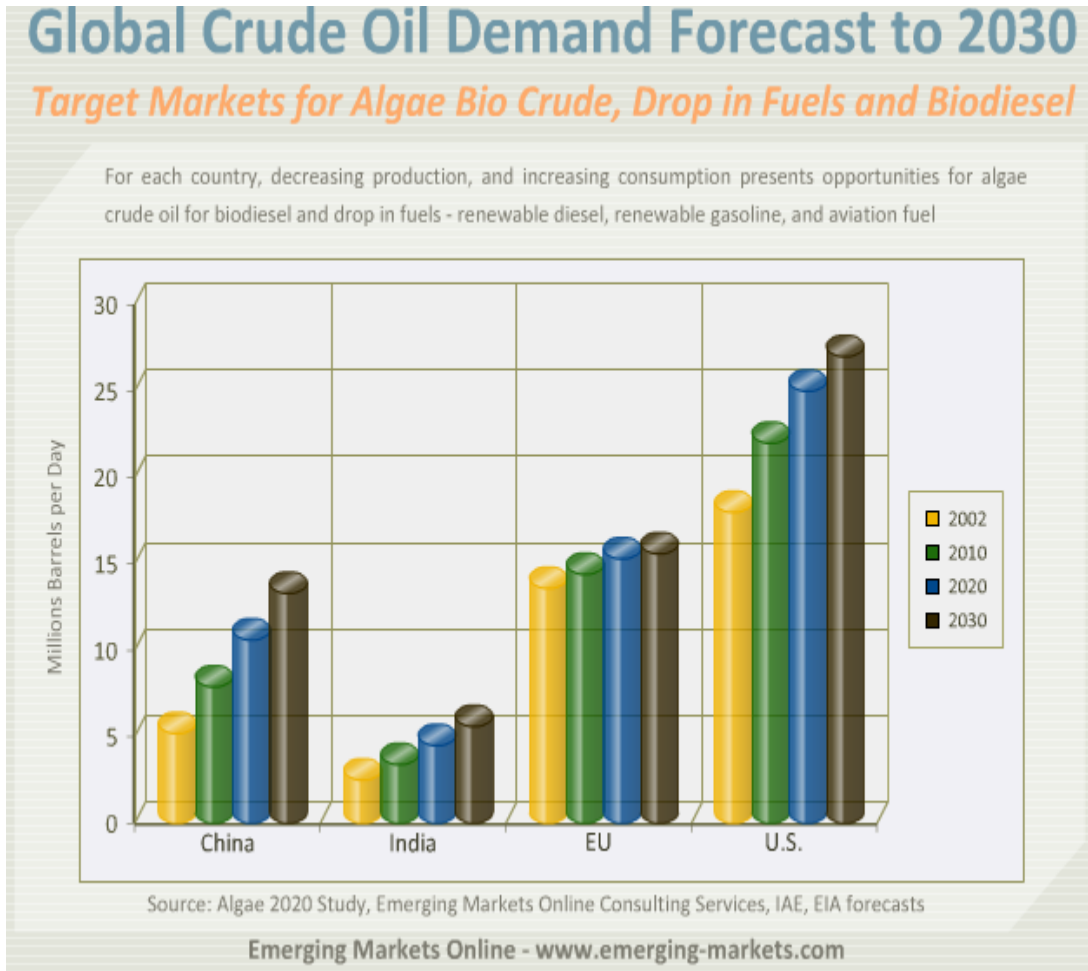
La buena noticia es que, superado el problema del coste de producción, el combustible de alga tendrá, con efecto, una ventaja competitiva. **Will Thurmond**, presidente de investigación y desarrollo de la **National Algae Association** en América, cree que la *pure economics* tarde o temprano escogerá a un sistema de producción de algas: "Para los objetivos de investigación, cultivar algas en foto-biorreactores es mejor, porque usted puede controlar todas las variables. Pero una vez que la investigación haya sido completada por todas las empresas implicadas y se mueva hacia una producción de gran escala, el debate sobre los sistemas para producir algas será resuelto".

Independientemente del método empleado, el procedimiento de extracción puede ser costoso y complicado, y el procesamiento es requerido aún antes que las algas puedan ser convertidas en combustible para vehículos. El costo de esto cayó dramáticamente: para hacer biodiesel de algas en el lab hace 25 años el costo era de 3.000 dólares por galón; sin embargo, hoy es de menos de 20 dólares, en Estados Unidos, la gasolina cuesta 2 dólares por galón y el diesel 2.70 dólares -para ser competitivo, el biodiesel de algas tendría que estar alrededor de la marca de 2 dólares, también. Como admite Thurmond, "It's the last yard

⁴ Renewable Energy World, "Blooming Biofuel: How Algae Could Provide the Solution", (22/6)

that's hard." Según el periódico Financial Times, una estimativa reciente calcula en 8,7 dólares el precio por litro de biocombustible producido a partir de algas, quince veces el costo de un litro de etanol de caña de azúcar⁵.

Una de las soluciones del problema de costos podría estar disponible según cuentan desde el mundo de la ingeniería genética. **Craig Venter** y su equipo californiano de **Synthetics Genomics** desarrolla una bacteria que requiere sólo la luz del sol y agua para cultivar. ¿Cuánto pasará antes que el aceite de las algas se haga una realidad comercial, en nuestras cocinas o en nuestros autos? "Los optimistas dicen en 2010", dijo Thurmond, "pero soy más pesimista. Pienso que estará en tres o cuatro años".



⁵ Financial Times, "Exxon's algae to join biofuel push", (15/7)

Algas, primeros organismos fotosintéticos liberadores de oxígeno



Bajo el término “*algas*” se agrupa a una gran cantidad de organismos. Se estima que en el mundo existen alrededor de 40 mil especies, aunque algunos autores opinan que podrían ser hasta 250 mil e incluso más. Las variaciones en estos cálculos son explicables porque aún falta mucho por conocer de su diversidad en los ambientes acuáticos y/o por las limitaciones metodológicas.

Son un conjunto extremadamente variable de organismos fotosintéticos. Las algas no evolucionaron a partir de una descendencia común y, por ello, no hay un conjunto de caracteres unificadores, es decir, no hay solo un patrón estructural básico. A partir de ancestros diferentes, hubo respuestas similares a presiones de selección semejantes, que dieron como resultado caminos evolutivos paralelos.

Por ser los primeros organismos fotosintéticos liberadores de oxígeno, incluidas las cianobacterias y algas eucariontes (con núcleo celular que contiene el material genético), fueron responsables de transformar la atmósfera original de la Tierra que no tenía oxígeno, y convertirla en una oxigénica, que hizo posible la evolución de otros seres que colonizaron el planeta. Además, se considera a las algas verdes como ancestros de las plantas terrestres.

Todas las variedades requieren luz solar. Por ello, en el mar, la mayoría se encuentra en la zona fótica o capa superficial, hasta 50 o 70 metros de profundidad, variando de acuerdo a la región. Pero las algas no sólo habitan en el océano, sino en sistemas continentales como lagos, presas o ríos e, incluso, terrestres, en ambientes generalmente húmedos, sobre los troncos de los árboles, piedras o construcciones, en el suelo o asociadas con plantas y animales. Además de producir oxígeno son alimento de muchos peces, sobre todo el fitoplancton, base de la cadena alimentaria y sustento de herbívoros vertebrados e invertebrados.

La atmósfera terrestre, con su única composición rica en oxígeno, es una consecuencia del proceso fotosintético llevado a cabo por cianobacterias durante 1.500 millones de años. Aún hoy, las cianobacterias son los organismos fotosintéticos más abundantes de la tierra (un litro de agua marina contiene 100 millones de estas células). Las cianobacterias, llamadas tradicionalmente algas verde-azuladas, son el único grupo de organismos procariontes (seres unicelulares sin núcleo celular diferenciado) que ha sido incluido tradicionalmente bajo el concepto de algas.

El resto de algas son eucariotas (organismos con una o más células con núcleo diferenciado), aunque comparten la misma naturaleza elemental de las cianobacterias: utilizan dióxido de carbono como alimento y generan oxígeno a través de la fotosíntesis. Además de generar oxígeno, las algas destacan por sus propiedades alimentarias, hidratantes, antioxidantes y regeneradoras.

Las algas presentan numerosas ventajas: se reproducen solas, no “invaden” suelo agrícola, ni utilizan nutrientes y ni siquiera necesitan agua limpia o dulce para crecer⁶. Pero lo más importante, a nivel de viabilidad, es que “*producen un aceite cuya estructura molecular es muy similar a los productos petroleros actuales*”. El principal inconveniente atribuido a los biocombustibles es que para su producción masiva hacen falta tierras y cosechas que dejarían de utilizarse para alimentar a la población mundial (aumento de los desmontes para la siembra de colza y otros cultivos aptos para biocombustibles, suba de los precios de los alimentos al reducirse la superficie total de tierras para la producción de vegetales comestibles, costo elevado de los biocombustibles debido al tiempo requerido para la siembra y cosecha de las plantaciones y su estacionalidad). En fin, requieren espacio, se trata de plantaciones monocultivo (lo que merma la biodiversidad, aunque ya se empieza a hablar en el sector de policultivos) y, cómo no, precisan de recursos hídricos.

Además, el aceite de las algas puede utilizarse sin necesidad de ser mezclado con otros productos petroleros. Eso implica que no haría falta, en un futuro, adaptar las infraestructuras a este nuevo tipo de combustible (es decir, se ahorrarían costos añadidos), sino que “*se procesaría en las mismas refinerías actuales y se suministraría en las mismas estaciones de servicios*”, añadió un miembro de Exxon. Actualmente, los biocombustibles agrícolas ya están presentes en el mercado como un producto mezclado con los combustibles tradicionales. Las algas crecen a una tasa fenomenalmente alta y tienen una muy alta prestación: 10.000 galones de biodiesel por acre comparado a 48 galones de soja y 120 galones de colza.

En el caso del biodiesel, la producción a partir de algas cultivadas está actualmente poco desarrollada, aunque ofrece aspectos prometedores. Este método es atractivo porque la cantidad de suelo necesario para producir biodiesel es relativamente pequeño y no requiere suelo cultivable. Además, no necesita agua potable porque las algas crecen en agua salada del océano. Algunas especies de algas producen grandes cantidades de aceites naturales, lo que las convierte en candidatas ideales para producir biodiesel. El cultivo de algas debe realizarse en instalaciones cerradas en tierra (es decir, donde las algas y nutrientes no puedan entrar en sistemas acuáticos naturales). La producción de algas no debe interferir con los ecosistemas naturales (por ejemplo, no sería aceptable añadir nutrientes a un sistema acuoso natural como el mar para inducir el crecimiento de las algas)⁷.

Algunas características y ventajas del biodiesel producido a partir de algas son las siguientes:

***Las algas tienden a producir una alta cantidad de ácidos grasos poliinsaturados, lo que disminuye la estabilidad del biodiesel. Pero los ácidos grasos poliinsaturados tienen puntos de fusión bajos por lo que en climas fríos es mucho más ventajoso que otros tipos de biocombustibles.**

***Pero los ácidos grasos poliinsaturados tienen puntos de fusión bajos por lo que en climas fríos es mucho más ventajoso que otros tipos de biocombustibles.**

⁶ The Daily Telegraph, “*Algae - the slimy scum that could end the fuel crisis*”, (12/1)

⁷ www.greenpeace.org/raw/.../criterios-de-greenpeace-sobre.pdf

***La producción de aceites a partir de algas es 200 veces mayor que en plantas. Por lo que también es mayor la producción de biodiesel.**

***Posee un alto rendimiento y por lo tanto un bajo costo.**

***La producción de biodiesel de algas tiene las características de reducir las emisiones de CO₂ y compuestos nitrogenados de la atmósfera.**

En comparación con otros vegetales utilizados para la producción de biodiesel, el fitoplancton parece ser el que mas rendimiento tiene. Algunos estudios señalan los siguientes niveles de producción anual de volumen de aceite por km²:

- **Colza:** de 100 a 140 m³/km².
- **Mostaza (Brassica nigra):** 130 m³/km².
- **Jatropha:** 160 m³/km².
- **Aceite de palma:** 610 m³/km².
- **Algas:** De 10.000 a 20.000 m³/km².

Ventajas de las micro-algas:

-La producción primaria en la cadena alimentaria acuática.

-El 90% del anhídrido carbónico que es absorbido y es transformado por algas.

-Derivados de las algas marinas: los ficocoloides y los pigmentos (b-caroteno o la astaxantina)

-Producción de alimentos, agrícolas, industriales.

-Sustancias bioactivas susceptibles de ser utilizadas en medicina (terapéuticos).

-Biorremediación ambiental.

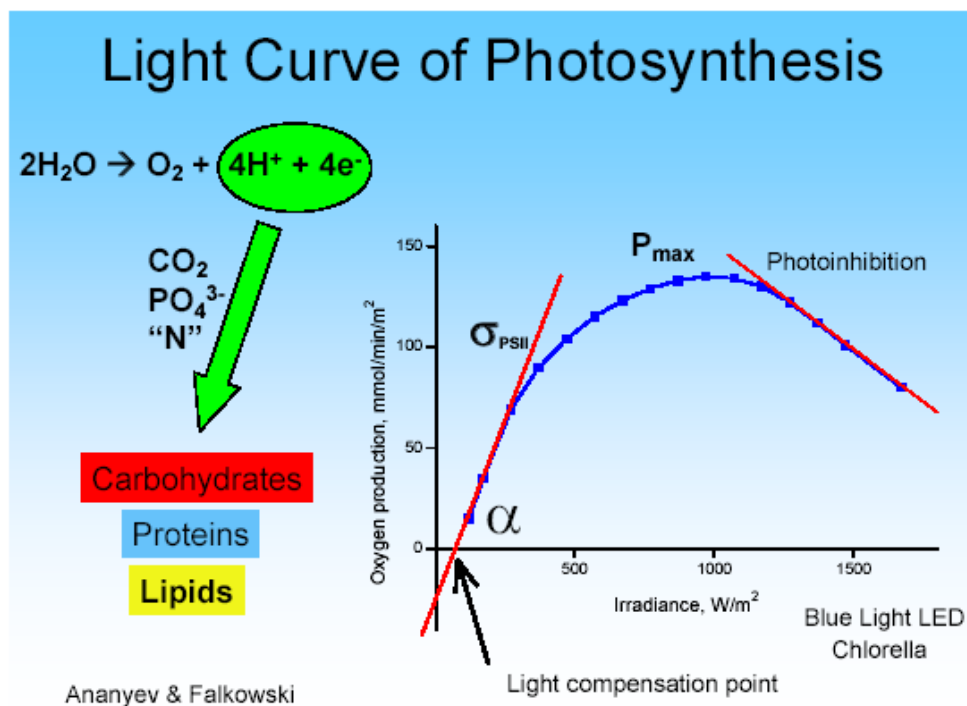
-Elaboración de biocombustibles, producción de hidrógeno-biodiesel.

Métodos

En primer lugar se encuentra un sistema de estanque abierto que cultiva las algas bajo el sol. Otro método consiste en un sistema cerrado, sin sol, que distribuye el carbono procedente de las materias primas entre un grupo de algas suspendidas en tanques de fermentación. Un tercer tipo consiste en un sistema cerrado de birreactor que utiliza la luz del sol.

Synthetic Biology se decantó por el tipo de procesos que utilizan el sol. También tienen tendencia a utilizar plantas biomodificadas, aunque también tienen previsto experimentar con algas naturales que optimicen los resultados y otros parámetros. Los investigadores han buscado las especies candidatas a lo largo del planeta. Hasta ahora, el proceso de conversión de las algas en combustible sólo se ha probado a pequeña escala, y sea cual sea el proceso que se utilice requerirá que se construyan nuevas infraestructuras masivas para administrar el agua, los suministros de materias primas, los nutrientes, el cultivo y el transporte, incluso si el aceite de las algas se pudiese refinar en las instalaciones ya existentes.

Sería posible, por ejemplo, situar plantas de algas para secuestrar dióxido de carbono junto a industrias contaminantes y convertir los gases nocivos en materia prima para generar biocombustible no contaminante. Aquella iniciativa empresarial supuso un excepcional desarrollo de la ciencia, aunque tuvo menos éxito a nivel de negocio. El tiempo dirá si esta táctica de alto riesgo, relativa a una tecnología nueva y prometedora, pero que no se ha probado aún, acabará creando una revolución en los negocios y en la ciencia o terminará hundida en el estanque.



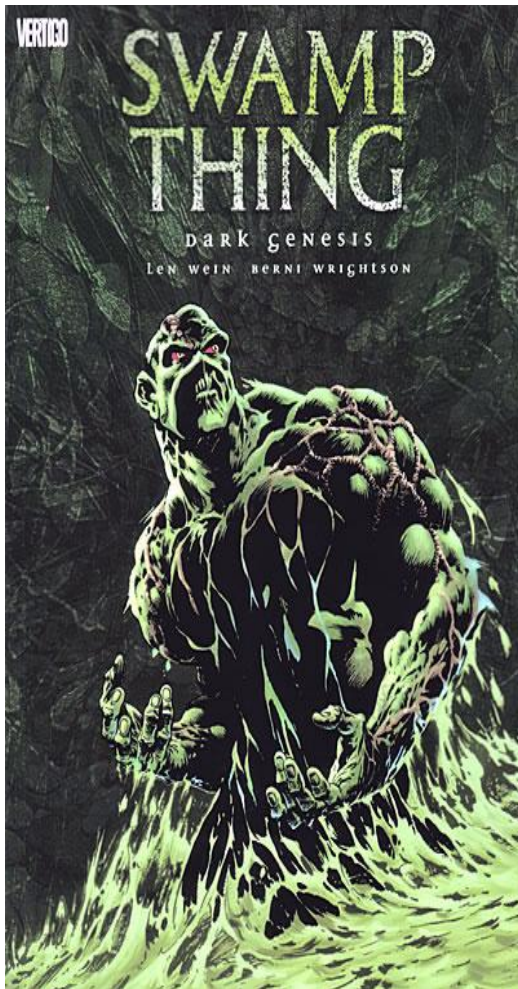
Se ha avanzado en la intensificación de estos cultivos mediante la producción en invernaderos, o en los llamados **fotobiorreactores**, sistemas cerrados que permiten el control y monitoreo de los distintos factores de crecimiento.

Algunos **tipos de fotobiorreactores** son:

- **Tubos plásticos o de vidrio de forma triangular:** Gases como CO_2 y O_2 se hacen fluir desde la parte baja de la hipotenusa y algas con medio de cultivo se hacen fluir en el sentido opuesto.
- **Fotobiorreactores tubulares en forma horizontal:** Son tubos de acrílico en el que se hace circular en forma horizontal medio de cultivo mas algas para que están no precipiten y todas reciban la misma cantidad de luz y nutrientes.

- **Columna vertical de burbujas:** Se genera circulación del medio con algas en una columna vertical a través del flujo de gases como dióxido de carbono. Se ilumina a través de tubos de luz a lo largo del tubo, cuyo objetivo es disminuir el costo del cultivo de algas a gran escala y hacerlo más simple.
- **Equipos de fermentación:** Algunas compañías obtuvieron aceite de algas sin crecimiento fotosintético, sino alimentando a las algas con azúcares que luego estas fermentaban. Una de estas compañías se llama Solazyme, una empresa de biotecnología que está desarrollando técnicas para producir combustible para autos y aviones a partir de algas.

Análisis II: Petroleras y biotecnológicas entran fuertemente al sector de los combustibles de algas



El sector de algas consiguió más atención recientemente como un "top contender" entre los denominados biocombustibles de tercera generación. Con los precios del barril de petróleo cada vez más altos y cada vez más escasez de crudo, las grandes corporaciones norteamericanas apuestan a las algas, aunque deberán transcurrir varios años antes que este biocombustible llegue a los tanques de los automóviles. Con el aumento de la investigación, se ampliaron los niveles de interés y de inversión⁸. Mientras que algunas compañías se centran en mejorar los métodos de cultivo de algas, otras están más interesadas en encontrar formas de llegar hasta el combustible.

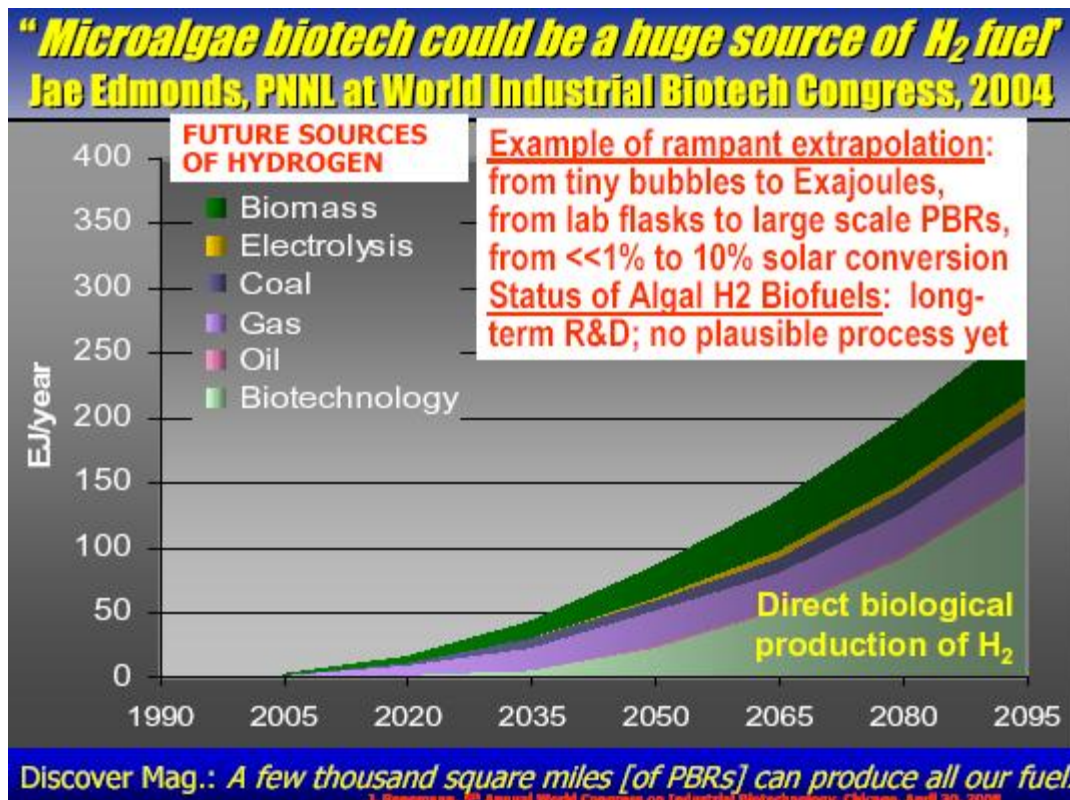
El último en aparecer en escena es **Exxon Mobil**. *Exxon seems to be going the opposite way yet again*. Existen docenas de compañías en el mercado intentando producir combustible a partir de las algas, sin embargo, hasta ahora la mayoría se enfocaron en hacer crecer y cultivar los microorganismos para obtener sus aceites, después refinar ese aceite en biocombustible. Varias gigantes de energía como **Boeing, Shell, ConocoPhillips, BP** y **Chevron** también invierten en biocombustibles de algas que incluyen jet fuels (combustible de avión)

alternativos. Hay tres compañías públicamente negociadas de "Algae Biofuel". PetroSun y más recientemente OriginOil y PetroAlgae, también se hicieron públicas. Además, **U.S. DARPA** proporcionó 35 millones de dólares a la compañía **Science Applications**

⁸ Algae Biofuel Sustainable Energy, "Algae Biofuel Alternative Energy Deals", (1/8)

International Corporation (SAIC), con sede en San Diego, y **General Atomics** para perseguir la creación de jet fuel basado en algas. Las fuerzas aéreas estadounidenses pretenden que toda su flota esté lista en 2011 para usar combustibles alternativos, basados en una mezcla compuesta por combustibles sintéticos, biocombustibles y petróleo.

La aeronáutica europea Airbus y Honeywell (el grupo estadounidense de defensa), también anunció su propio proyecto para suministrar un tercio de los combustibles requeridos por la aviación en forma de biofuel compuesto por biomasa vegetal y algas. Eso sí, el proyecto no reduciría a larga plazo las emisiones de la industria aeronáutica, según The Wall Street Journal⁹, si se mantiene el crecimiento de los vuelos globales. Las emisiones de gases del sector aéreo representan actualmente un 2% de las globales.



Dow Chemical + Algenol Biofuels = etileno para fabricar plásticos

A fines de julio, **Algenol Biofuels** se asoció con **Dow Chemical** en una planta piloto de etanol a partir de algas. Algenol afirma que es capaz de producir eficientemente cantidades comerciales de etanol de algas sin necesidad de agua dulce ni tierras agrícolas – un método novedoso que llamó la atención y motivado el apoyo de **Dow Chemical**. Los planes son construir y operar una planta de demostración sobre 24 acres de terreno en la

⁹ The Wall Street Journal, "Airbus and Algae: Why Biofuels Won't Cut It", (15/5)

planta de manufactura de Dow en Freeport, Texas. La planta consistirá en 3.100 biorreactores horizontales, cada uno de 1,5 x 15,25 metros) y capaces de albergar 4.000 litros¹⁰.

Los biorreactores son, esencialmente, unos abrevaderos cubiertos por una cúpula de película semitransparente y rellenos de agua salada extraída del océano. Las algas fotosintéticas que crecen en su interior están expuestas a la luz del sol y se alimentan a base de dióxido de carbono procedente de las unidades de producción química de Dow. El objetivo es producir 100.000 galones de etanol al año¹¹.

Algenol eligió mejorar genéticamente ciertas cepas de algas verde azuladas para convertir la mayor cantidad posible de dióxido de carbono en etanol utilizando un proceso que no requiera el cultivo para poder obtener el combustible. Las alfas verde azuladas producen una pequeña cantidad de etanol de forma natural, aunque sólo bajo ciertas condiciones anaeróbicas en las que la cianobacteria no tenga nada de alimento o esté a oscuras. Paul Woods, cofundador y director ejecutivo de Algenol, afirma que su compañía modificó sus algas para que puedan producir etanol bajo la luz del sol a través de la fotosíntesis, en primer lugar convirtiendo el dióxido de carbono y el agua en azúcares, y después estimulando y controlando las enzimas que sintetizan esos azúcares en etanol¹².

Otra gran diferencia para **Algenol** es que no tienen que cultivar las algas para extraer el etanol, con lo que se elimina un paso que había demostrado ser bastante costoso y complejo para las otras *start-ups* dedicadas a la transformación de algas en biocombustibles. John Coleman, director científico de Algenol y profesor de biología celular y de sistema en la **University of Toronto**, afirma que el etanol producido dentro de las algas se escurre desde el interior de cada célula y se evaporará hasta la parte de la cabeza del biorreactor. *“El etanol tiene una movilidad prácticamente infinita dentro de la celular y, esencialmente, se filtra al biorreactor después de la síntesis”*, señala Coleman. *“Lo recolectamos a través de varios pasos de condensación”*.



Dow tiene un interés especial en el proceso de Algenol porque el etanol reemplaza a los combustibles fósiles en la producción de etileno, que es la materia química básica para

¹⁰ Technology Review, *“Dow to Test Algae Ethanol”*, (16/7)

¹¹ Earth2tech, *“Algenol, Dow Chemical Team Up on Algae Fuel Plant”*, (29/6)

¹² The Star, *“Algae: The next biofuel bet”*, (25/7)

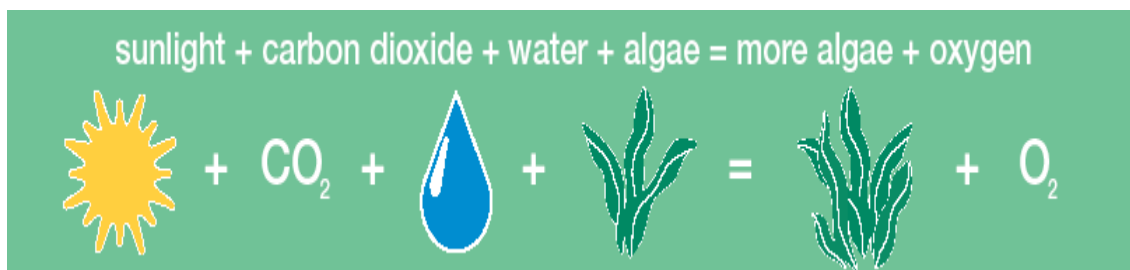
fabricar muchos tipos de plástico, reemplazando al gas natural¹³. “El proceso también produce oxígeno, que podría ser usado para quemar carbón en una central eléctrica limpia”, dijo Woods. Las gases de combustión de esa planta serían sobre todo dióxido de carbono, que podría ser reutilizado para hacer más algas. Los aceites de las algas son menos útiles, afirma Steve Tuttle, director de negocio de biociencias de Dow. “El biodiesel no encaja necesariamente con lo que nos gustaría utilizar como producto posterior”, afirmó. Dow, además de ceder tierras y suministrar la fuente de dióxido de carbono, también ayudará con los procesos de ingeniería y el desarrollo de películas plásticas avanzadas para cubrir los biorreactores.

Woods está convencido de que el proceso se puede hacer a mayor escala, y a un costo favorable en términos de producción. “Esperamos poder producir etanol a 1,25 dólares por galón”, señala, añadiendo que el etanol resultante devuelve 5,5 veces más energía de la que consume para ser fabricado, haciendo que el combustible renovable sea competitivo en comparación con la producción de etanol a partir de la celulosa. Woods afirma que el método de **Algenol** tiene otra cosa a su favor: “Cada galón de etanol genera un galón de agua dulce a partir de agua salada”.

El *start-up* de biocombustibles de algas **Solix**, por ejemplo, puede producir el combustible actualmente, pero cuesta aproximadamente 32,81 dólares por galón, dijo Bryan Wilson, cofundador de la compañía y profesor de **Colorado State University**¹⁴. El costo de producción es alto debido a la energía requerida para hacer circular los gases y otros materiales dentro de los foto-biorreactores¹⁵ donde crecen las algas. También se requiere energía en el desecado de la biomasa, y Solix usa mucho menos agua que otras empresas.

Con la explotación el calor residual en las utilities adyacentes, el precio puede probablemente ser rebajado a 5.50 dólares por galón. Con la venta de las proteínas y otros subproductos de algas para alimentos de animales, el precio puede llegar a 3.50 dólares por galón en un término cercano. Esto es sólo la fase II del plan de negocios de Solix que será capaz de dejar caer los costos de producción de 3.30 dólares a 1.57 dólares por galón, o alrededor de 60 a 80 dólares el barril de petróleo. Solix se puso el objetivo de cortar el costo de producir algas en 90%.

PetroAlgae, con sede en Florida, trabaja desde su fundación en 2006 en un sistema de biorreactores y cultivo en tanques abiertos de algas y otros organismos fotosintéticos, como diatomeas, plantas angiospermas y cianobacterias, de los que se obtiene un aceite con una estructura similar a la de los carburantes de uso habitual.



¹³ The New York Times, “Algae Farm Aims to Turn Carbon Dioxide Into Fuel”, (28/6)

¹⁴ Greentech Media, “Algae Biodiesel: It’s \$33 a Gallon”, (3/2)

¹⁵ Mientras las compañías que desarrollan técnicas alternativas a los bioreactores se posicionan, el grupo de firmas que creen que estos recipientes son el mejor modo de lograr cultivos de algas optimizados para crear más tarde biocombustible intenta reducir los costes de producción para lograr diferenciarse de la creciente competencia. <http://www.trechugger.com/files/2009/02/mit-algae-photobioreactor.php>

ALGAE FINANCE, INVESTMENT AND GRANTS - SELECTED PROJECTS

Organization	Investment	Project Scope/R&D
Sapphire Energy	\$100 million in R&D from Bill Gates' Cascade Investments and Rockefeller Foundation	Algae for biocrude demonstration project in Las Cruces, California, and the production of renewable gasoline
Solazyme	\$75 million in R&D finance so far from private investors, Chevron	Algae for biocrude, jet fuel and biodiesel in San Francisco, California
GreenFuels	\$92 Million in project finance	Green fuels plans to produce 25,000 tons of algae for Aurantia SA in Spain
UK Carbon Trust	\$40 million challenge for algae commercialisation by 2020	In October 2008, UK Carbon trust announced a fund to award up to \$40 million in grants for algae projects
Aurora Biofuels	Raised a second round of funding of \$20 million from Oak Investment Partners, Gabriel Venture Partners and Noventi	Aurora Biofuels is an algae-to-biodiesel startup with roots at University of California at Berkeley.
Algaelink	Undisclosed amount from KLM airlines, new Chinese ventures	New investments in the Netherlands based algae production manufacturer.
Petrosun	\$40 million in funding from China	Formation of Petrosun China, a 50/50 joint venture with Shanghai Jun Ya Yan Technology Development
NREL	\$25 million from 1970s to 1990s	Renewed investment in 2008 from Chevron, the US DOE, and several other firms.

source: Algae 2020 - Advanced Biofuels Markets and Commercialization Outlook from Emerging markets Online

Una compañía generadora de energía de Arizona propone convertir 32.370 hectáreas de estanques de bague de Mississippi en granjas para producción de biodiesel a partir de algas. La sugerencia de **PetroSun** de utilizar los estanques de bague para cultivar algas surge en un momento en que las dificultades del mercado están obligando a algunos agricultores de Mississippi a abandonar el negocio. La industria del bague de Mississippi está luchando para sobrevivir frente a los altos precios de los granos y del combustible, y a la competencia que ejercen las importaciones más baratas. La rentabilidad de la industria viene disminuyendo desde el pico que alcanzó en la década de 1990 y ahora la situación del mercado está dejando a muchos fuera del negocio.

Otra compañía, en este caso la eléctrica española **Iberdrola**, también aceleró a las algas para avanzar en el desarrollo de nuevos biocarburantes. Según informa el diario Expansión, la eléctrica estaría ultimando la compra del 25% del capital de **AlgaEnergy**, operación que se llevaría a cabo a través de **Inversiones Perseo**, propiedad al 100% del Grupo Iberdrola. La actividad principal de AlgaEnergy se centra en el desarrollo de biodiesel a partir de las microalgas, y para su presidente, **Augusto Rodríguez Villa**, *“la posible entrada de una compañía como Iberdrola representa la confirmación de nuestro proyecto científico”*. AlgaEnergy prepara la puesta en funcionamiento, a lo largo de 2009, de su primera planta a escala preindustrial, *“con tecnología de cultivo de primer orden y automatizada”*, para la obtención rentable de biocarburantes.

La información de Expansión confirma que uno de los consejeros es **Rodrigo Rato**, ex director del **Fondo Monetario Internacional (FMI)** y ex vicepresidente económico del **Partido Popular**, que figura como uno de los miembros del consejo de AlgaEnergy. Sin embargo, no es correcta la información que asocia a la empresa con **Bio Fuel Systems**, ésta radicada en Alicante y centrada también en la investigación y producción de biocarburantes a partir de microalgas.

Además, las ciudades *jumping on board* para utilizar las algas para satisfacer sus necesidades de energía. Fuentes de electricidad en Venecia, Italia se diversificará con el uso de algas para producir el 50% de las necesidades de la ciudad. Ésta, conocida por sus canales, convertirá su problema de algas en una solución utilizando el biocombustible de tercera generación para producir electricidad de dos tipos de algas que pueden encontrarse creciendo, con regularidad, en puertos y adhiriéndose a los barcos.

Biología sintética: ExxonMobil y Synthetic Genomics, algas biomodificadas



La biología¹⁶ se acerca a su momento de Frankenstein, *the creation of life from scratch* (la creación de la vida desde el comienzo). Algún día dentro de los próximos meses, los científicos probablemente anuncien que hicieron células vivas de ingredientes químicos¹⁷. Es por eso que **Craig Venter** vuelve a ser noticia. El año pasado sintetizó el genoma bacterial entero, todas las instrucciones de las células necesarias para la vida y reproducción de químicos de laboratorio. Ellos también convirtieron una especie de bacteria en otra por un "*transplante de genoma*". El paso siguiente debe ser insertar el genoma artificial en una célula vacía, creando el primer microbio mundial totalmente sintético.

El emprendedor y polémico científico tiene un nuevo proyecto entre manos: producir biocombustibles a partir de algas. La compañía de Venter estuvo desarrollando una cepa de algas biomodificadas que aumentan significativamente la producción de lípidos y, en algunos casos, pueden llegar a producir hidrocarburos de forma directa. Él aporta la experiencia, y la petrolera **Exxon Mobil**, el dinero: 600 millones de dólares para investigar -una pequeña cantidad comparado con los ingresos de Exxon de 445 billones de dólares en 2008¹⁸. Exxon con su escepticismo, a menudo con lengua viperina, sobre tecnologías

¹⁶ La biología sintética se basa en la esperanza de que "partes" biológicas como el ADN y las proteínas se pudieran crear cualquier tipo de aparato o circuito informático, aunque es un campo en el que queda mucho por hacer hasta que algo como esto fuera posible. Aunque los biólogos tienen muchos conocimientos sobre la estructura y la función biológica de las moléculas, su comportamiento cuando interactúan unas con otras todavía es algo impredecible.

¹⁷ Financial Times, "*A new twist on life*", (11/7)

¹⁸ Financial Times, "*Exxon faces questions over goals*", (30/7)

alternativas de combustible parece revertirse ¿parece revertirse?¹⁹ Puramente político es el gran anuncio. Realmente es difícil creer que un tanque de algas pueda competir con un pozo petrolero, aún pensando en la ventaja que los biocombustibles tendrían en un mundo de permisos de carbono (o impuestos)²⁰.

Pero los proyectos de algas le da a ExxonMobil algo de paz con los ambientalistas. Desde que tomó el mando en 2006, el jefe en ExxonMobil Rex. W. Tillerson ha trabajado fuerte para mejorar la imagen de la compañía en cuanto al cambio climático; no es tan duro como su predecesor Lee R. Raymond al desestimar a los alarmistas sobre cambio climático. Pero la inversión de Exxon es apenas un avance. Las algas pueden pagar grandes dividendos más adelante. Los biocombustibles líquidos y gaseosos son más cercanos al *core competency* de las compañías de petróleo y gas que las granjas eólicas o la energía solar²¹.

Al anunciar la asociación con Exxon, el doctor Venter avisó que el proyecto es de largo plazo y que pueden pasar diez años antes de mostrarse viable comercialmente: “*No estamos diciendo que vamos a tener millones de toneladas de algas el año que viene*”, dijo. Venter es también conocido por haber inventado una técnica de secuenciación extraordinariamente rápida –cuya eficacia fue puesta en duda por algunos científicos– que le permitió “*leer*” a grandes rasgos los elementos que componen el ADN de sus microorganismos²². Venter cuenta con un ingente material con gran potencial para aplicaciones ambientales, como las capacidades “*alquímicas*” de algunas bacterias para convertir el CO₂ en metano o transformar el carbón en gas natural. Al margen de la producción de biocombustible a partir de algas, el científico anunció en anteriores ocasiones su intención de explotar, a través de su empresa Synthetic Genomics Inc (SGI), el potencial de estos microorganismos en beneficio del medio ambiente²³. La mitad de su capital inicial vino del magnate mexicano Alfonso Romo.



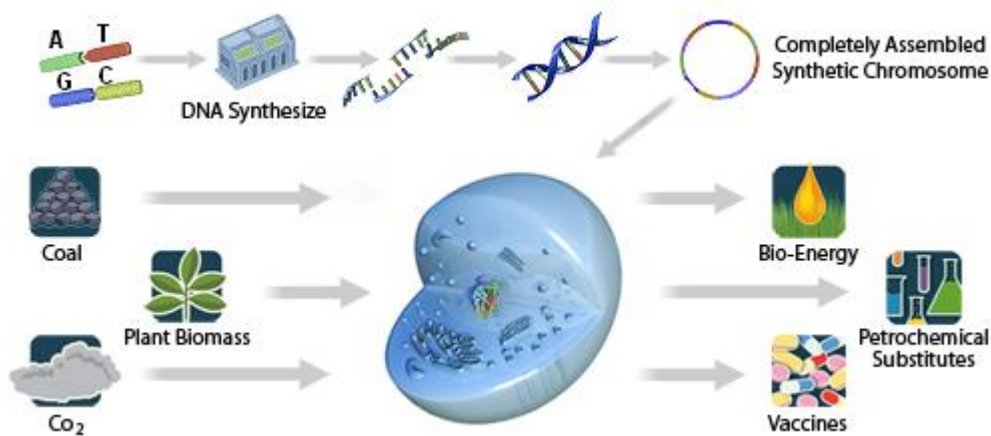
¹⁹ The New York Times, “*Exxon Sinks \$600M Into Algae-Based Biofuels in Major Strategy Shift*”, (14/7)

²⁰ Forbes, “*ExxonMobil: Green Company Of The Year*”, (5/8)

²¹ *Financial Times*, “*Green Exxon*”, (16/7)

²² The Economist, “*Craig’s twist*”, (15/7)

²³ AGWeek, “*Changing attitudes about biofuels*”, (10/8)



En los términos del acuerdo, SGI va a trabajar en la búsqueda, optimización e ingeniería de variedades de algas más adecuadas a las necesidades y desarrollar mejores sistemas para el cultivo de algas en gran escala y para la conversión de productos en biocombustibles. Según *The Economist*, las microalgas de Venter son unicelulares y capaces de producir un aceite de la familia de los triglicéridos –que aún no es un hidrocarburo. De acuerdo con la revista británica, el dinero de Exxon va a servir para que la empresa de Venter investigue como “obligar” las algas a producir un hidrocarburo listo, y no más un triglicérido. Para eso, es preciso escoger, intervenir y modificar rutas bioquímicas del alga, por técnicas de biología molecular; y también escoger la especie de alga más adecuada. La especie ideal debe soportar bastante luz y calor, para facilitar su proliferación y producción de aceite; y también ser resistente a virus. Si la especie no existe, la empresa de Venter hará una –esa es la promesa de la biología sintética, área a la cual pertenece SGI.

Para obtener la viabilidad comercial del combustible de algas, la herramienta que la asociación Exxon-SGI va a usar es la ingeniería genética. “*Es el único modo de hacer que la producción supere en mucho a la naturaleza, obtener algas resistentes a ataques de virus*”, aseveró Venter. “*Las algas suelen ser cultivadas y cosechadas por medio de un proceso caro y tardío*”, contó. Pues los científicos de la empresa consiguieron crear algas que producen aceites en proceso continuo, más eficiente y más barato. “*Tuve la idea de hacer que las algas fabriquen más lípido*”, explicó el creador de SGI. Aún así, la producción de combustible derivado de ellos tendrá que abarataarse significativamente.

Al crear el SGI, el principal objetivo de Venter era precisamente trabajar con biocombustibles, en especial el etanol de celulosa. Pero los últimos años Venter también estuvo buscando microbios ambientalmente correctos, que de alguna forma pudieran ser usados para reducir las emisiones de carbono. Encontró, por ejemplo, un organismo que transforma CO₂ en metano y podría producir combustible con los gases expelidos por las fábricas de electricidad. Y descubrió otra que transforma el carbón en gas natural, acelerando un proceso que ocurre naturalmente y disminuyendo tanto la cantidad de energía necesaria para la extracción del combustible fósil como la cantidad de polución cuando este es quemado.

En cuanto a las previsiones de futuro, Exxon estima que las algas podrían producir, potencialmente, más de 20.000 litros de combustible por hectárea y año. Los objetivos no son excesivamente ambiciosos, aunque sí realistas, similares al potencial de otras empresas

Solazyme-Chevrom cultiva algas a oscuras



Solazyme, empresa de investigación en biología sintética radicada en San Francisco, puso a punto en 2008 un proceso que puede obtener diesel a partir del procesado de grandes cantidades de algas. Según la empresa, una superficie cultivada con algas es capaz de producir 50 veces más combustible que la superficie equivalente de soja.²⁴ **Solazyme**, que se especializa en la síntesis microbiológica a partir de microorganismos marinos, firmó un acuerdo, el año pasado, con una división del gigante de petróleo

Chevron para desarrollar un proceso industrial que permita la aplicación a gran escala de su procedimiento. No es extraño que sea una empresa vinculada a la extracción de petróleo la que se haya interesado por **Solazyme**, sencillamente deben evolucionar para no desaparecer²⁵. Entre los backers de Solazyme se encuentran Blue Crest Capital Finance y The Roda Group.

El procedimiento desarrollado por **Solazyme** resolvió uno de los principales obstáculos para la producción industrial de biodiesel a partir de las algas: la alta concentración de aceites (pueden llegar al 50%) las convierten en ideales para producir biodiesel, pero se necesita mucha energía para producir grandes cantidades de algas. **Solazyme** desarrolló un método que les permite producir algas a gran escala y sin necesidad de utilizar luz, lo que mantiene el costo económico del proceso lo suficientemente bajo como para que resulte rentable.²⁶

El proceso combina diversas variedades de algas modificadas genéticamente con un enfoque de cultivo poco común que reduce el coste de la fabricación del combustible. En lugar de cultivar las algas en estanques o encerradas en tubos de plástico expuestos al sol (como intentan hacer otras compañías), Solazyme cultiva los organismos a oscuras, en el interior de enormes contenedores de acero inoxidable. Los investigadores de la compañía alimentan las algas con azúcar, que los organismos convierten en distintos tipos de petróleo. El petróleo se puede extraer y, una vez procesado, puede dar lugar a toda una serie de combustibles.

El método de Solazyme tiene una serie de ventajas frente a otros enfoques que utilizan microorganismos para convertir azúcares en combustible. La mayoría de estos enfoques utilizan microorganismos como la levadura para fermentar los azúcares, formando etanol.

²⁴ <http://www.solazyme.com/news090421.shtml>

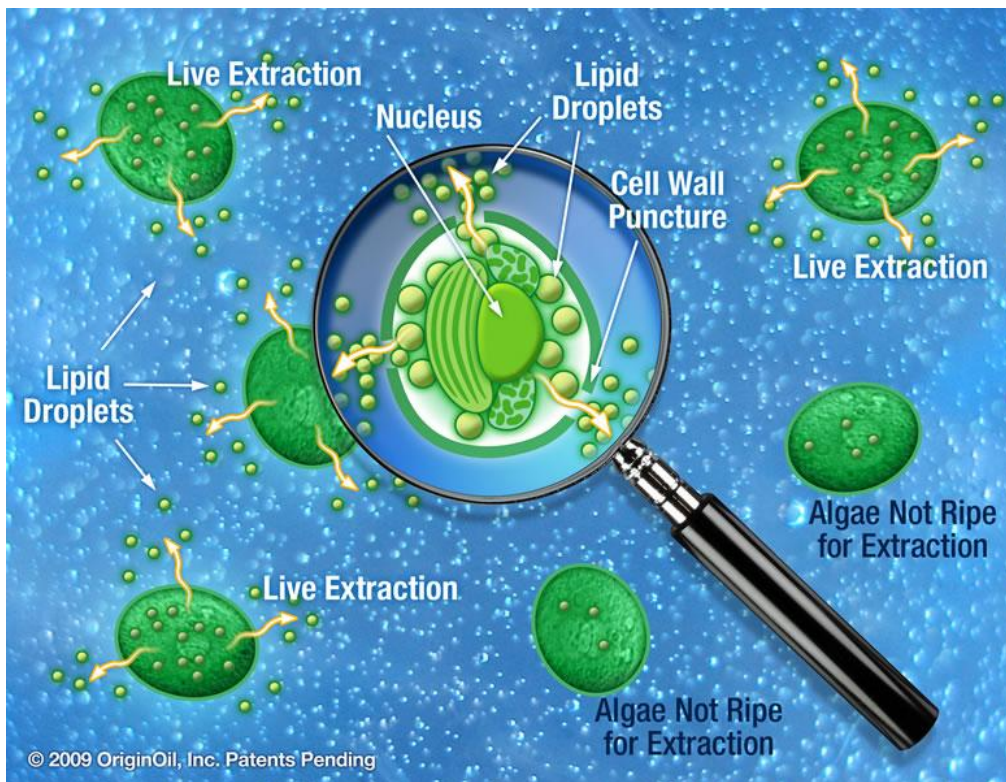
²⁵ San Francisco Business Times, "Chevron partners with Solazyme on developing biofuel from algae", (22/1/2008)

²⁶ Financial Times, "Investor interest in algae increases", (1/9/2008)

OriginOil apuesta por las técnicas de ultrasonido y pulso electromagnético

La empresa de bioenergía con sede en Estados Unidos, **OriginOil** anunció en mayo que desarrolló un método de extracción continua para ayudar a transformar las algas (sin sacrificio celular) en un competitivo combustible de transporte. Este nuevo proceso se unirá a la técnica **Cascading Production™** para crear una nueva y prometedor ciclo más eficiente. **Live Extraction™**, u “ordeño”, es intrínsecamente eficaz, ya que logra la producción continua de aceite de las algas sin destruir las células de alga. Por lo tanto, una única célula de algas puede producir más petróleo durante su vida utilizando menor cantidad de energía. A diferencia de otros enfoques para la extracción, el proceso de OriginOil no emplea consumibles costoso, como las membranas de ósmosis inversa²⁷.

El proceso combina técnicas de ultrasonido y pulso electromagnético para así lograr romper las paredes de las células de las algas. Después, esta solución de algas es alimentada a la fuerza con dióxido de carbono, lo que hace que baje su pH, separando la biomasa del combustible.



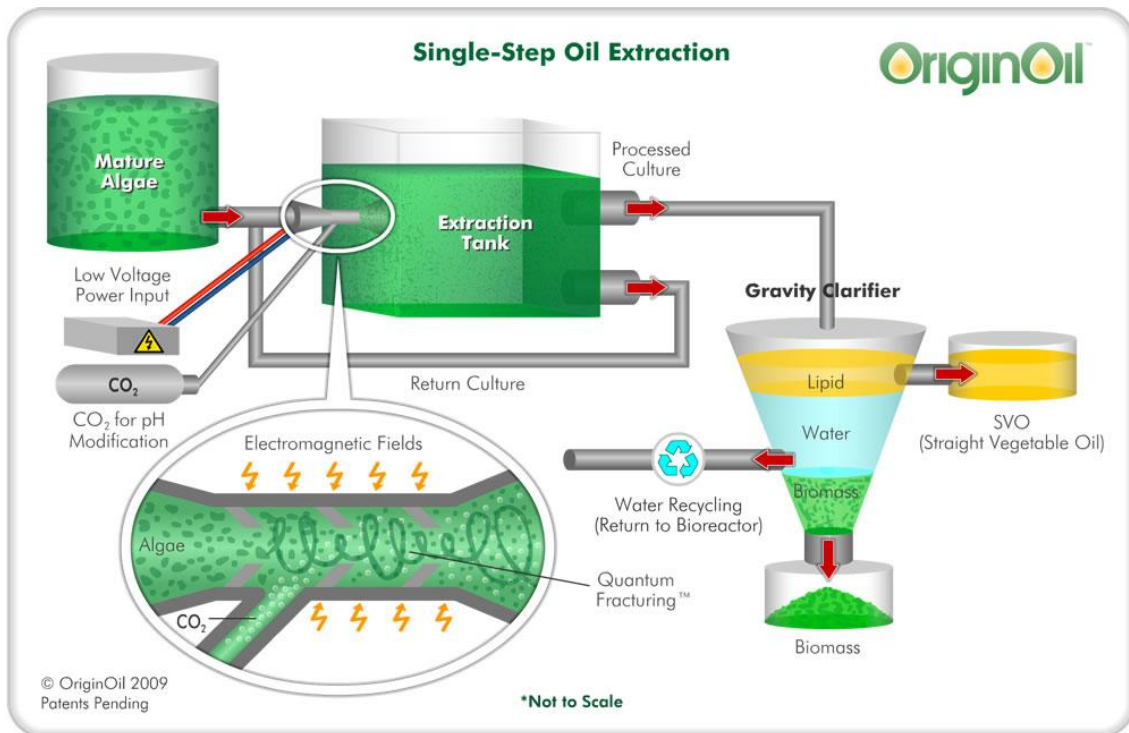
Mientras que algunas compañías se centran en mejorar los métodos de cultivo, otras como OriginOil están más interesadas en encontrar nuevas formas de llegar hasta el combustible. Cada célula de las algas está protegida por una pared celular robusta, lo que dificulta el acceso al combustible. Las algas también tienen que ser separadas del agua en la

²⁷ The Wall Street Journal Environmental Capital, “More Algae Action: OriginOil Plans to ‘Milk’ Algae for Oil”, (27/7)

que crecen, y deben ser secadas antes de que el combustible pueda ser extraído. Normalmente, el combustible se extrae de las algas utilizando una prensa para exprimir las físicamente. Después, a la masa sobrante se le aplica un disolvente para sacar todo el combustible que pueda quedar aún. Aunque esta combinación extrae un 95% del combustible, requiere una gran cantidad de energía. Existe otro método que prescinde de la prensa y trata la pulpa de las algas con unos fluidos supercríticos que extraen casi la totalidad del combustible. Sin embargo este proceso requiere una maquinaria especial, lo que incrementa el coste. Existe un grupo de investigadores que están intentando desarrollar genéticamente un tipo de algas que sean capaces de segregar combustible.

En el proceso de OriginOil, la solución de algas se envía a través de una tubería a la que se le aplica un campo electromagnético y de ultrasonido, lo que hace que las paredes de las células se rompan y el combustible salga. Después se le aplica dióxido de carbono, con lo que baja su pH. La solución resultante se envía a otro contenedor. El pH bajo hace que la biomasa se separe del combustible, y que éste flote hasta la superficie, mientras que la biomasa se queda en el fondo. Más tarde el combustible se puede retirar, la biomasa puede seguir siendo procesada, y el agua acaba reciclándose. El proceso se lleva a cabo en cuestión de minutos, afirma Eckelberry.

Otra idea, señala Eckelberry, es colocar plantas de algas cerca de plantas eléctricas u otro tipo de grandes emisores de dióxido de carbono. El dióxido de carbono se podría secuestrar y darse como alimento a las algas, que lo necesitan para crecer. Particularmente, y si se le pone precio a las emisiones de carbono, esto podría acabar siendo un buen esquema, afirma Eckelberry.



Aurora Biofuel contempla producir combustibles de algas por 2 dólares el galón



Aurora Biofuels, con sede en Alameda (California) terminó en marzo con éxito las pruebas para cultivar algas para biocombustibles. La compañía llevó a cabo pruebas para hacer crecer algas en dos estanques exteriores –cada uno tan grande como una piscina olímpica– en Florida durante el último año y medio. Esta empresa sostiene que tiene una clase de alga que

se reproduce como conejos. Con base en los resultados obtenidos de esas pruebas, la compañía espera poder desarrollar las instalaciones para hacer demostraciones, con un tamaño de 50 acres para la segunda mitad del próximo año, dijo el CEO Bob Walsh, quien se uniera a Aurora Biofuels proveniente de la compañía de biocombustibles LS9. La compañía levantó 20 millones de dólares el pasado julio para construir la nueva planta²⁸.

El reto, sin embargo, es cultivar y recolectar algas a gran escala y a un precio que sea competitivo con otras materias primas, como el aceite de palma o los granos de soja. Aurora Biofuels está usando una combinación de técnicas de biotecnología e ingeniería para bajar el costo, dijo Walsh. A pesar de que no es un alga genéticamente modificada, están cultivando la cepa de algas de agua salada optimizada para lograr generar grandes volúmenes de aceite²⁹. También desarrollaron un método, derivado de la industria de tratamiento de aguas residuales, para cosechar el alga sin haberla secado totalmente, un método que es más energéticamente eficiente, dijo Walsh. Con un estanque instalado con algas de Aurora y el equipo que podría producir lípidos en alrededor de 1.75 dólares por galón, que se traduciría en 2 dólares por galón de diesel.

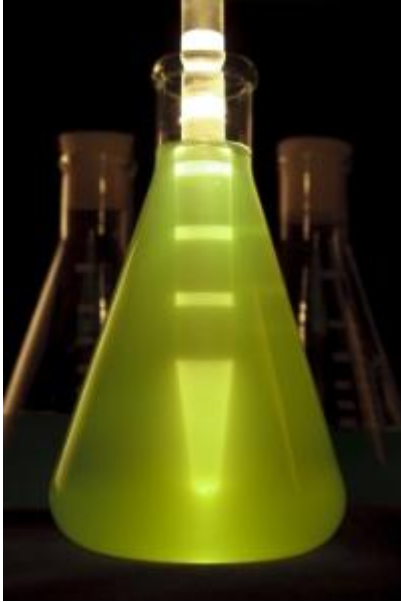
La compañía espera poder producir un producto comercialmente viable con el precio del petróleo en 50 dólares y algunas regulaciones que pongan un precio a la contaminación por dióxido de carbono. “La gente comenzará a ponerle un valor a la secuestación de dióxido de carbono y este será una forma de bajo costo para lograrlo”, dijo. “Será más barato y más amigable con el ambiente que comprimir el gas de dióxido de carbono a 3.000 libras (por pulgada cuadrada) e inyectarla en viejas cavernas saladas”. Además venderá la proteína de algas en 350 dólares la tonelada a los fabricantes de alimentos para animales.

La compañía espera construir y operar granjas de algas en el lugar de los grandes contaminadores, como una fábrica cementera. El CO2 será redirigido a los estanques para estimular el crecimiento. Walsh proyecta que el precio del petróleo estará entre 60 y 100 dólares por barril en los siguientes cinco años una vez que la economía se componga.

²⁸ GreenTech Media, “Coming Soon: \$2 a Gallon Diesel From Algae?”, (18/8)

²⁹ Biodiesel Magazine, “Company doubles CO2 uptake in algae strains”, (18/8)

Bionavitas apuesta por Light Immersion Technology para hacer más eficiente el proceso



Bionavitas presentó su nueva tecnología llamada **Light Immersion Technology** (Tecnología de Inmersión de Luz), la cual consiste en transmitir luz solar o de LED's uniformemente en los estanques de cultivo de algas para hacer más eficiente el proceso. La luz es uno de los factores que limitan el crecimiento de algas. Una superficie determinada recibe una cierta cantidad de luz al día, si se aumenta el volumen bajo un área fija, por ejemplo, haciendo más profundo un estanque, no quiere decir que se aumentará la producción de algas³⁰.

Uno de los problemas que se presentan en el cultivo de algas en la superficie de los estanques, se genera una barrera natural para los rayos solares, evitando que crezcan algas de manera en las zonas oscuras de los estanques.

Para resolver este problema, Bionavitas desarrolló unos dispositivos de acrílico en forma de lápiz que se introducen en los estanques y pueden distribuir luz de manera óptima dentro del estanque, logrando que el cultivo de algas sea mucho más eficiente, aumentando la productividad 10 veces más, comparado con los métodos actuales.

Bionavitas se fundó hace tres años gracias al apoyo de inversionistas ángeles. Su CEO y cofundador, Michael Weaver, informó que la empresa está buscando financiamiento en una Serie A por varias decenas de millones de dólares. El dinero se invertirá en la construcción de una biorefinería piloto para fabricar biocombustibles a base de algas. Bionavitas está buscando licencias de empresas que diseñen maquinaria para la cosecha de algas. La combinación de su tecnología LIT y la implementación de procesos más tecnificados para la cosecha son la solución para obtener niveles de producción de biocombustibles a precios competitivos.

³⁰ News.cnet.com, "Bionavitas speeds algae growth with 'light rods'", (25/2)

Análisis III: Inclusión de los combustibles de algas en el renewable fuels standard



Environmental Protection Agency (EPA) medirá el impacto de gases de efecto invernadero de los biocombustibles hechos con algas en su *final rule* para implementar el renewable fuels standard (RFS) en respuesta al creciente interés en el *feedstock* renovable, incluido el reciente anuncio tanto de **Exxon Mobil** como de **Dow Chemical** que emprenden proyectos para ayudar a comercializar la tecnología³¹.

Las algas son particularmente un feedstock tentador porque puede ser preparado para secuestrar grandes cantidades de dióxido de carbono y porque el biocombustible hecho con algas tiene una estructura molecular similar a la gasolina, permitiendo ser usado

con la infraestructura de transporte existente. Estas cualidades podrían ayudar al combustible a esquivar la controversia asociada con el etanol de maíz, que algunos dicen que no puede satisfacer los objetivos de reducción de CO₂ propuestos en el RFS y que, debido a su corrosividad, puede afectar a motores, tuberías y surtidores de combustible.

Sarah Dunham, encargada de combustibles en EPA dijo que la agencia considera al alga "*un feedstock prometedor*" que será incluido en la norma final de RFS. EPA emitió su propuesta de RFS hace unos meses para expandir el uso de biocombustibles en línea con los mandatos del Congreso. Los combustibles de algas podrían ser considerados como biocombustibles avanzados o parte de biodiesel del RFS, según la norma propuesta³².

Los biocombustibles avanzados como el combustible basado en algas y etanol celulósico son esperados para complementar o posiblemente sustituir al etanol de maíz. Originalmente, EPA planificó esperar para incluir biocarburantes basados en algas en el RFS, argumentando mejoras en las cosechas, eliminación de agua y extracción de lípidos necesarios para hacer al combustible económicamente competitivo con otros feedstocks, según la propuesta. Pero la agencia espera la inclusión de las algas en el RFS puede ayudar los esfuerzos para comercializar la tecnología de cultivo de algas, usándola para secuestrar CO₂ y luego usando las algas en un biocarburante o químico.

"Notando que los sistemas de captura y secuestro de CO₂ (CCS) para enterrar el CO₂ subterráneo son un proceso sumamente caro cargado de desafíos técnicos y legales que no ponen a disposición el CO₂ para uso", dijo Ed Legere de **Algenol Biofuels**. Usando el CO₂ para producir combustibles de algas podría ser un *win/win situation*. Por ejemplo, una central eléctrica podría poner en los cultivos de algas adyacentes y usar el CO₂ para cosechar el combustible o usar el alga para hacer otros productos útiles, más el gasto de 500 millones de dólares para el sistema de CCS para simplemente enterrar el CO₂. Un bonus es que el CO₂ usado para el alga no tiene que ser comprimido, salvando dinero adicional.

³¹ www.lawofrenewableenergy.com, "EPA Shows Positive Interest in Algae", (27/6)

³² The New York Times, "Bipartisan House Bill Would Include Algae in RFS", (3/8)

"Empresas forward-thinking ya miran esto", dijo. "Si el cap-and-trade es una realidad a 30 dólares una tonelada (de CO2 emitido), entonces los grandes emisores contemplan cientos de millones de gastos". Sin embargo, Legere admitió que la utilización de CO2 generado de las centrales eléctricas a los cultivos de algas está todavía lejos y los *developers* de biocombustibles de algas inicialmente procurarán usar corrientes de CO2 de los procesos industriales que son más limpios que el carbón, con menos toxinas, y tienen un caudal manejable de 5 a 100 toneladas por hora, más que 400 toneladas por hora liberado por una central eléctrica típica de 500 megawatt.

Si EPA decide que las algas sean incluidas, abriría las puertas a compañías como Sapphire Energy similar a la apertura a fabricantes de etanol celulósico como Verenium Corp. Para que las algas sean incluidas, la ley estima que debe tener "no más del 50% del ciclo de vida de las emisiones de gases de efecto invernadero de la gasolina y el gasoil". Esto podría ser difícil, dijo David Woodburn, analista de energía de ThinkEquity. "La parte difícil es que EPA planifica calcular las emisiones de gases de combustibles de algas, basados en una variedad de feedstocks (azúcar, CO2, otros), procesos (charcas abiertas, fotobioreactores), y variedades algas siendo exploradas, sobre todo antes de noviembre", dijo, notando la fecha en la que las reglas, como se supone, estarán terminadas³³.

Al mismo tiempo, el **Energy Department** (DOE) proveerá hasta 85 millones de dólares para acelerar la producción comercial de los biocombustibles "advanced" que puede ser obtenido de las algas y otros *feedstocks*.³⁴ El dinero, que es apuntalado para estimular la colaboración entre investigadores del sector público y privado, viene como parte del **American Recovery and Reinvestment Act** de 787 billones de dólares, que el presidente **Obama** firmó en Febrero. El DOE planifica seleccionar dos o tres sociedades y financiarlas durante un período de tres años. El primero objetivo de la agencia es desarrollar biocombustibles a base de algas que sean competitivos en costo con los combustibles basados en petróleo.

El nuevo Funding Opportunity Announcement identificó dos tópicos de áreas separadas. El primer tópico es la investigación y desarrollos de biocombustibles de algas. DOE considera la contribución de los consorcios de biocombustibles acertados en el proceso de las algas. Identificando, a la vez, tres amplias áreas técnicas de interés: el suministro del feedstock; la logística del feedstock; y la conversión/producción³⁵.

El segundo tópico del área se fija en la infraestructura avanzada compatible con los biocombustibles. Buscando aplicaciones para los desarrollos de combustibles alternativos basados en biomasa que es capaz de reemplazar a los combustibles convencionales que actualmente se usan en estos sistemas, más que adaptar estos sistemas a combustibles diferentes. Las aplicaciones en esta área siempre son necesarias para desarrollar nuevos acceso innovadores para la conversión de la biomasa a los biocombustibles avanzados que sean compatibles con la infraestructura.

³³ The Wall Street Journal, Environmental Capital, "Really Green Fuel: The EPA Opens the Door to Algae", (28/7)

³⁴ The New York Times, "DOE Earmarks \$85M for 'Advanced' Biofuels", (17/7)

³⁵ TheGreenCarWebsite, "DOE funds to boost algae-based biofuels", (20/7)



¿Cuándo podrían estar en el mercado los combustibles de algas? ¿2012 o 2016?

Los biocombustibles en base a algas es una enorme promesa de combustible de transporte alternativo, pero los inversores deben tener más paciencia. El feedstock del alga podría tener disponibilidad comercial para 2012, según un informe realizado por **Pike Research** sobre la industria global de biocombustibles, pero no se espera tener un efecto significativo en el mercado hasta 2016. Las startups de algas como **Solazyme** con un *aggressive production timelines*, sin embargo, podrían discrepar³⁶.

Pike Research espera que los combustibles de algas sean la tercera ola clave de combustibles de transporte de la próxima generación, sólo después de los desperdicios de grasa que golpean el mercado seguido del combustible de jatropha. *"Las algas son el único feedstock que tiene el potencial de reemplazar a la demanda mundial de combustibles de transporte"*, resalta el informe. Pero hay varias barreras técnicas y económicas a ser vencidas antes que los combustibles de algas sean viables. *"El problema más grande es que los costos de producción son demasiado altos en actualidad, con algunos científicos que estiman el precio de producir un galón de aceite de algas en 33 dólares que usan la tecnología actual"*, resalta Pike. Pero mientras **Pike Research** predice que la producción comercial ocurrirá en 2012, un puñado de startups de biofuel derivado de las algas anunció tiempos más cortos. **Solazyme** invertirá 76 millones de dólares en *el venture financing*, para una planta comercial a construir en 2010. Y **Sapphire Energy** con sede en San Diego, obtuvo 100 millones de dólares de venture funding para producir 1 millón de galones de diesel y jet fuel de algas por año para 2011.³⁷ Apoyada por Bill Gates y la familia Rockefeller, Sapphire se jacta de poder sustituir integralmente el petróleo con su combustible en las infraestructuras existentes. Su biorrefinería integrada, al sur del estado de Nuevo México, es la primera instalación con vocación comercial de producción de combustibles a base de algas. Problema: el costo de semejante instalación podría alcanzar los mil millones de dólares, para una producción irrisoria respecto a las necesidades de combustible de Estados Unidos.

Aunque no todas las empresas que asumieron una trayectoria agresiva pudieron continuar y quedaron en el camino. **GreenFuel Technologies**, *maker* de combustible derivado de las algas con sede en Cambridge, tenía estimaciones de producción atrevidas antes de comenzar a buscar financiación. Aunque empezó recortando a la mitad su personal y finalmente cerrando sus puertas el mes pasado. Pike Research pronostica que los mercados combinados biodiesel y etanol alcanzarán 247 billones de reales en ventas para

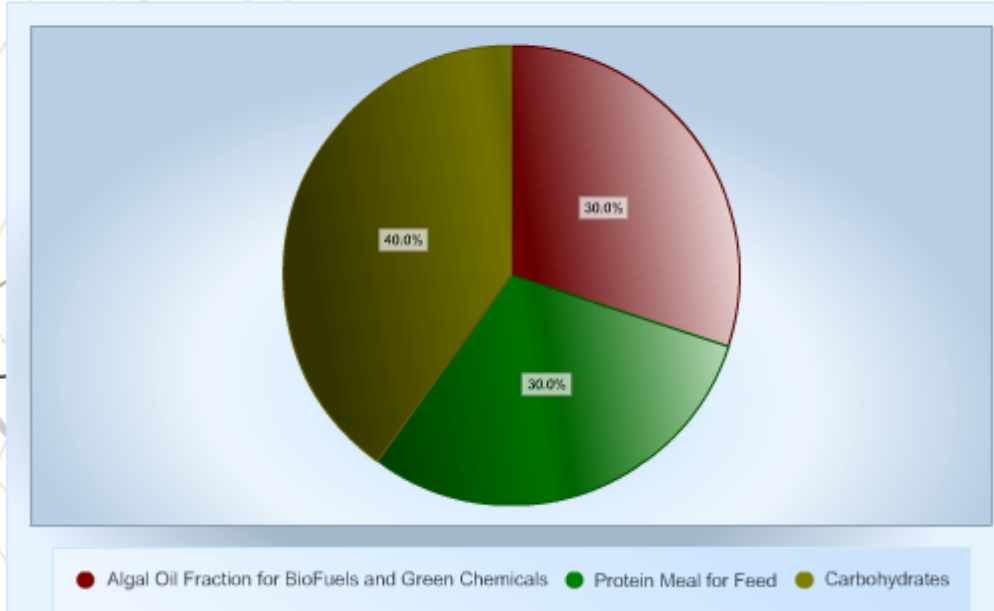
³⁶ The New York Times, "Algae-Based Biofuels Moving Ever So Slowly to Market", (15/1)

³⁷ Biodiesel Magazine, "Report predicts biofuels market to triple by 2020", (Agosto 2009)

2020, encima de los 76 billones de dólares en 2010. **Clint Wheelock**, director administrativo de Pike, dijo en una declaración que el mercado de biocombustibles en un plazo cercano se parece a un "train wreck" (feedstock caros, recesión global, exceso suministro) pero que en 10-15 años de tiempo, este *outlook* será muy positivo. Mientras las startups como Sapphire no esperarán a otra década para aumentar la producción. La realidad es que llevará mucho tiempo antes que estas tecnologías estén listas para competir contra el petróleo crudo.

Algal Biomass Fractions, Products and Markets

One feedstock - a diversified portfolio of products



Algae 2020 Market Commercialization Outlook



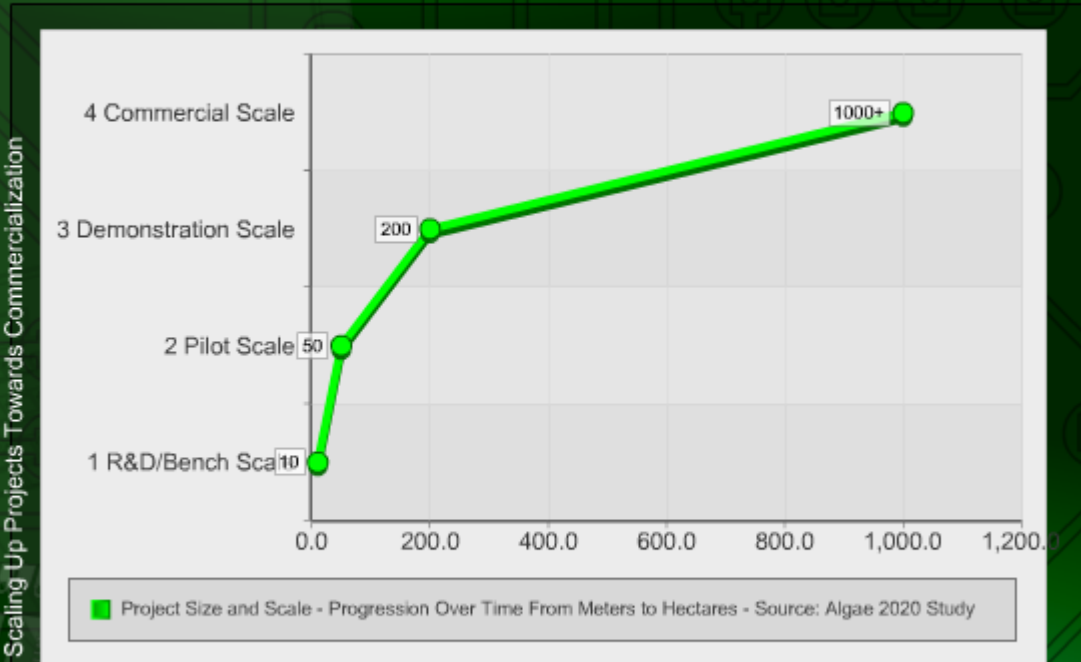
Timelines for Production and Progression Into Larger Markets

Small Scale Production 2009 –to 2011	Mid-Scale Production 2010-to 2012	Larger-Scale Production 2011 to 2015	Large Scale Production for Fuels 2012 to 2020
---	--------------------------------------	---	--

Sources: Algae 2020 study, Emerging Markets Online Consulting Services

Algae 2020: Evolutionary Phases of Algal Biomass Producers

Scaling up from pilot, demonstration & commercial projects in ponds



Scaling Up Projects Towards Commercialization

Algae 2020 study from Emerging Markets Online Consulting

Project Size Over Time - Scaling Up from Meters to Hectares

Four stages in the evolution of algae production companies from the bench/laboratory setting, to the pilot test, to the demonstration scale-up phase, and finally to commercial scale

Algas entre las especies invasivas que causan daños ¿solución energética y complicación ambiental?

La políticas estadounidenses de subvenciones a nuevas cosechas de energía se extienden por las granjas y ejecutan estragos económicos y ecológicos, advirtió un *federal advisort board*³⁸. Durante años, los investigadores trabajaron en el desarrollo de biocombustibles "avanzados" de cosechas poco convencionales como hierbas y algas. El objetivo es permitir un avance de las cosechas de energía celulósica que no compitan con el mercado de alimentos y tengan un pequeño *carbon footprint*. Una ley de energía de 2007, de hecho, requiere un total de 160 billones de galones de combustibles celulósico a base de plantas para 2022 que estas cosechas producirían. Por consiguiente, los investigadores ahora seleccionan, crían y hacen ingeniería de especies que exigen menos agua, fertilizante y tierra agrícola y tiene durante todo el año altas prestaciones.

Pero esto tiene, a menudo, exactamente estos rasgos, como la tolerancia a la sequía o la resistencia patógena, que hace a los combustibles del futuro una especie invasiva y causa un daño extendido. El tema destaca otra complicación potencial en la que ha sido un camino desigual en el desarrollo de la industria de biocombustibles. "La ausencia de los esfuerzos de mitigación estratégicos, lleva a un riesgo sustancial de que algunas cosechas de biocombustibles causen daños socio-económicos y/o ecológicos", dijo el paper blanco, adoptado por el Invasive Species Advisory Committee.

Cada año, las plantas invasivas cuestan en Estados Unidos un mínimo de 34 billones de dólares en pérdidas y control de costos, según un estudio que cita el paper. La escala potencial de la cultivación de biocombustibles, en más de 150 millones de acres, proporciona una amplia oportunidad de añadir esos costos, dice el comité. Algunas de las cosechas propuestas para biocombustibles ya son especies invasivas. Uno de los ejemplos más alarmantes es *Arundo donax*, la caña común o caña brava, que es una especie de planta herbácea perteneciente a la familia Poaceae³⁹, según Joseph DiTomaso, de la Universidad de California. La hierba crece en grupos densos y es calificado un hierbajo nocivo en California y en Texas, así como en otras áreas del Sur. Pero los investigadores buscan más la planta como cosecha de biocombustible.

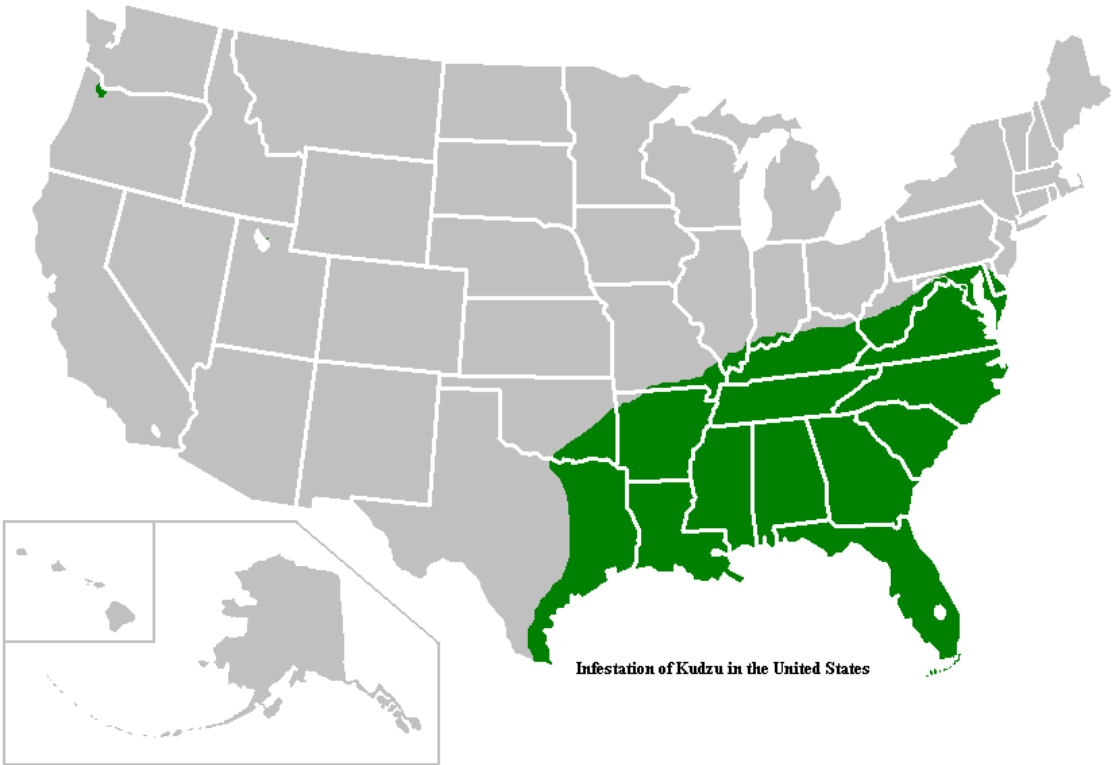
Las propuestas de cosechas de energía como *miscanthus* y *phalaris arundinacea* son ya especies invasivas en algunas áreas del mundo, dijo. Y los cultivos de *jatropha* y algas, que un día podrían suplantar los combustibles de motor usados en la aviación, también plantean un alto riesgo de invasión, según el Global Invasive Species Programme. Otras cosechas de biocombustibles con mucha publicidad, como el *switchgrass*, buscan ser apuestas más seguras en Estados Unidos, dijo DiTomaso. Las leyes de consecuencias no planeadas son conocidas en la historia de las especies invasivas.

Uno de los 10 peores hierbas en el mundo conocido como *Johnson grass*, fue originalmente llevado del Mediterráneo a Estados Unidos en 1830 como material de forraje

³⁸ The New York Times, "Will 'Energy Crops' Become the Next Kudzu?", (12/8)

³⁹ *Arundo donax* produce más biomasa por hectárea que cualquier otra planta de biomasa conocida, aparte del bambú. Esta planta desde hace tiempo se reconoce como importante productora de biomasa industrial que pueden cultivarse en una amplia variedad de tipos de suelos y condiciones climáticas. Alcanza la madurez (15 a 25 pies) en aproximadamente un año, puede ser cosechado, dependiendo del clima, de una vez a tres veces al año

para la ganadería. Hoy es invasivo en 23 estados, según el U.S. Department of Agriculture, y se extiende agresivamente en el Sur. Y el kudzu, de colores vivos, la vid que ha sido introducida en Estados Unidos en 1876, importado de Japón para los jardines ornamentales en el siglo XIX. El comité hizo nueve recomendaciones para evitar un desastre más moderno.



Análisis IV: “Zonas muertas”, nicho de producción de algas para combustibles



Cada primavera, el *runoff* de fertilizantes del desborde del Río Mississippi estadounidense en el Golfo de México, causando un florecimiento masivo de algas que conduce a una gigante "dead zone" pobre en oxígeno, donde los peces no pueden sobrevivir⁴⁰. La zona, causada por químicos agrícolas de granas ubicadas junto al río, mide cerca de 7.800 kilómetros o alrededor de 1,5 veces el tamaño del estado de Delaware, superficie menor a las estimaciones en torno a

to the 'Dead Zone'", (12/8)

los 13.680 kilómetros. El flujo de exceso de nitrógeno y fósforo de los campos agrícolas en la cuenca de drenaje continúa causando estragos a la vida en el Golfo. Vientos inusualmente poderosos y corrientes agitaron las aguas, devolviéndole el oxígeno y reduciendo la zona a un tamaño menor del anticipado. La zona muerta es causada por fertilizantes y nutrientes como nitrógeno y fósforo usados en tierras de cultivos en los alrededores del Mississippi, que a su vez llevan a la sobreproducción de pequeños organismos como algas en el Golfo de México. Si los organismos no son devorados, mueren y caen al fondo del océano, donde bacterias las llevan a su putrefacción succionando el oxígeno del agua.

No es la única área que presenta el fenómeno. Se han identificado 146 sitios con estas características. La *dead zone* del Golfo de México es el segundo más grande del mundo, después de uno en el Mar Báltico. Estas zonas muertas aumentarán a causa de la contaminación y del cambio climático, asegura el oceanógrafo inglés Alex Rogers, miembro de la Sociedad Zoológica de Londres y director del Programa Internacional sobre el Estado de los Océanos. Las afectaciones no se quedarán en el mar. Serán una especie de búmeran para la vida en la tierra. Y es que los océanos no sólo ocupan 71% de la superficie terrestre, también producen cerca de la mitad del oxígeno existente en la atmósfera y son como el termostato de la Tierra, porque contribuyen a regular la temperatura del planeta.

Los científicos estudiaron zonas muertas durante décadas. A la industria de mariscos de Louisiana le preocupa que las zonas muertas amenacen a los ecosistemas. Los grupos ambientales están preocupados que el runoff de los fertilizantes agrícolas empujen a un colapso del ecosistema natural⁴¹.

Ahora, este problema anual consigue una nueva atención, no de científicos marinos, sino de empresarios que buscan una nueva fuente de combustible. Y una *start-up* ve a los peces mismos como parte del proceso. LiveFuels quiere usar las algas en las zonas muertas. Pero en vez de cosecharlos directamente, quiere ir un paso más adelante en la cadena de alimentos, usando algas para alimentar peces que podrían ser procesados para aceite (leer más abajo). La empresa prevé construir piscifactorías⁴² en partes de los *algae blooms* en los pantanos de Louisiana y cerca de la costa del Golfo. Las algas proporcionarían una fuente gratuita de alimentos para los peces, y los flujos naturales de marea harían que el agua rica en nutrientes fluya.

La idea no encuentra la alabanza universal. "*Nuestra preferencia no debe esperar hasta que el Golfo de México sea una gigantesca zona muerta y luego hacer salir a alguien y recoger las algas*", dijo Ed Hopkins, director del programa de calidad ambiental de Sierra Club. Él favorece la reducción de los fertilizantes para cortar los nutrientes que alimentan las flores de algas.

LiveFuels también afronta una preocupación más práctica. Las flores de algas son estacionales y el movimiento ocurre de año a año, entonces LiveFuels debería diseñar piscifactorías móviles para capturar los banquetes móviles. El National Oceanic and Atmospheric Administration dijo recientemente que la zona muerta este verano era la más pequeña de los últimos 25 años.

Nancy Rabalais, director ejecutivo del Louisiana Universities Marine Consortium, duda del plan. "*Hay varios grupos que miran el fitoplancton como una biomasa. Pero mi sensación es que no hay una continual basis para hacerlo económicamente factible*", dijo.

⁴¹ The Wall Street Journal, "Biofuel Bet Aims to Harvest Fish That Feed on Algae", (18/8)

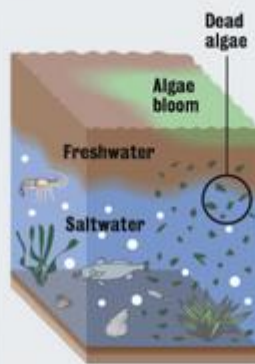
⁴² Piscifactoría, instalación dedicada a la cría industrial de peces. En función de si se dedican al cultivo de peces de agua dulce o marina se diferencia entre piscifactorías continentales y marinas.

HOW THE DEAD ZONE FORMS

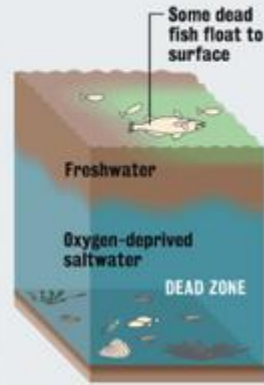


1 During the spring, sun-heated freshwater runoff from the Mississippi River creates a barrier layer in the Gulf, cutting off the saltier water below from contact with oxygen in the air.

Source: Staff research

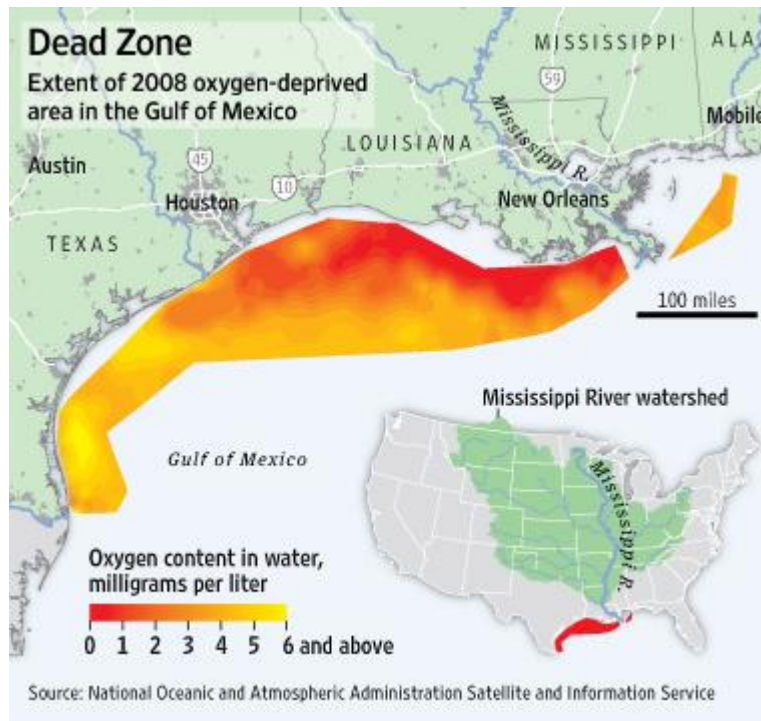


2 Nitrogen and phosphorus from fertilizer and sewage in the freshwater layer ignite huge algae blooms. When the algae die, they sink into the saltier water below and decompose, using up oxygen in the deeper water.



3 Starved of oxygen and cut off from resupply, the deeper water becomes a dead zone. Fish avoid the area or die in massive numbers. Tiny organisms that form the vital base of the Gulf food chain also die. Winter brings respite, but spring runoffs start the cycle anew.

STAFF GRAPHIC BY DAN SWENSON



LiveFuels y la utilización de peces para producir combustibles



Uno de los nuevos acercamientos del sector está protagonizado por la compañía **LiveFuels** con el proceso *algae-to-fish-to-biofuel*.⁴³ El grupo texano inauguró recientemente un proyecto piloto en sus instalaciones de pruebas, donde tiene 18 hectáreas de estanques de agua salobre. Su propósito es encontrar formas de aumentar la productividad de las algas y las tasas de conversión de biomasa en combustibles renovables.

La empresa antes utilizó 150 acres en California, aproximadamente una hora al norte de la frontera mexicana, pero encontró que las condiciones del desierto no eran óptimas para cultivar

algas. Los inversores de LiveFuels incluyen a Quercus Trust (grupo financiado por el conocido ambientalista David Gelbaum) y Sandia National Labs.

LiveFuels produce una combinación de algas nativas a bajo costo en sus sistemas de aguas abiertas. En contraste, otras compañías del sector suelen trabajar con monocultivos de algas genéticamente modificadas, con componentes de altos costos.⁴⁴ La empresa aprovechará una combinación exclusiva de “*devoradores de algas*” ricos en aceites para cosechar las algas: emplean peces que filtran el alimento y otros herbívoros que comen las algas, que luego procesa para producir combustibles renovables y otros subproductos útiles, en lugar de utilizar herramientas mecánicas costosas y que insumen mucha energía (ver análisis anteriores).

Los peces conservan los aceites en órganos fácilmente reconocibles hasta el momento de la cosecha. Otras opciones son utilizar tilapia y extraer tanto el aceite como el excremento de los peces.⁴⁵ “*El proceso de LiveFuels vence los principales problemas de cosechar y procesar las algas. Pero el inconveniente es que la empresa todavía tiene que hacer un proceso más eficiente, y esto hace un crecimiento más complicado para las dos especies, algas y peces*”, dijo Dr. John Benemann, uno de los autores de un informe del U.S. National Renewable Energy Laboratory en 1998 sobre biocombustibles de algas y reconocido experto en bioenergía.⁴⁶

⁴³ Reuters, “*LiveFuels Developing Algae-to-Fish-To-Biofuels*”, (14/8)

⁴⁴ Biomass Magazine, “*Algae biofuels developer uses natural process*”, (13/8)

⁴⁵ *The New York Times*, Green Inc, “*Turning Algae Into Oil, with Help from Fish*”, (12/8)

⁴⁶ CleanTech, “*Algae expert calls LiveFuels' biofuel-from-fish approach not 'impossible'*”, (13/8)

Algae-to-Gas, el gas natural por otros medios

Why crush algae when you can incinerate it? Hasta ahora, las algas habían servido para producir biodiesel, pero el poco aprovechamiento de las plantas, que en un 70% eran residuo, llevó a **Genifuel** a crear un proceso por el cual es capaz de generar gas natural de las algas para uso en gasoductos y generación eléctrica, casi sin residuos y con el CO₂ generado en el proceso devuelto a los estanques de algas como alimentos de estas⁴⁷. Otra de las ventajas que tiene el proceso de generación de gas natural de las algas es que no es necesario que estas sean de un único tipo, como es típico cuando son empleadas como biocombustible. Aunque el proceso está todavía en su fase de estudio, el **Pacific Northwest National Lab** ya se interesó por el proyecto y están participando juntos en su desarrollo.

El proceso, llamado catalytic hydrothermal gasification, consiste en la colocación de las algas en gasificadores con catalizador químico que permite cocinar a presiones y temperaturas relativamente bajas, dijo el presidente de Genifuel, Jim Oyler. Esto se cocina en 350 Celsius versus 700 Celsius. El producto cocinado es un gas sintético que es 65% metano, o CH₄, y dióxido de carbono 35% con algunos otros trazos de materiales. El dióxido de carbono es entonces bombeado en estanques de algas como alimento. Será más caro que el gas natural obtenido de la tierra, pero esto requeriría subsidios inferiores que el combustible líquido de algas ser competitivo con su equivalente de combustible fósil⁴⁸. Consigue producir 0,55 litros de metano por cada gramo de material seco.

El proceso tiene distintas ventajas sobre la fabricación de combustibles líquidos de algas, así como el metano fabricado con digestores biológicos. Primero, la gasificación deja a los productores de combustible usar el organismo entero -el carbohidrato, la proteína y los aceites lípidos. Los productores de algas sólo quieren el material lípido, que naturalmente es sólo aproximadamente un tercio del organismo por la masa. Oyler prevé la comercialización en 2011-12. Genifuel está preparado para operar plantas, además de haber abierto el licenciamiento de la tecnología.

⁴⁷ Greentech Media, “A New Use for Algae: Natural Gas”, (6/5)

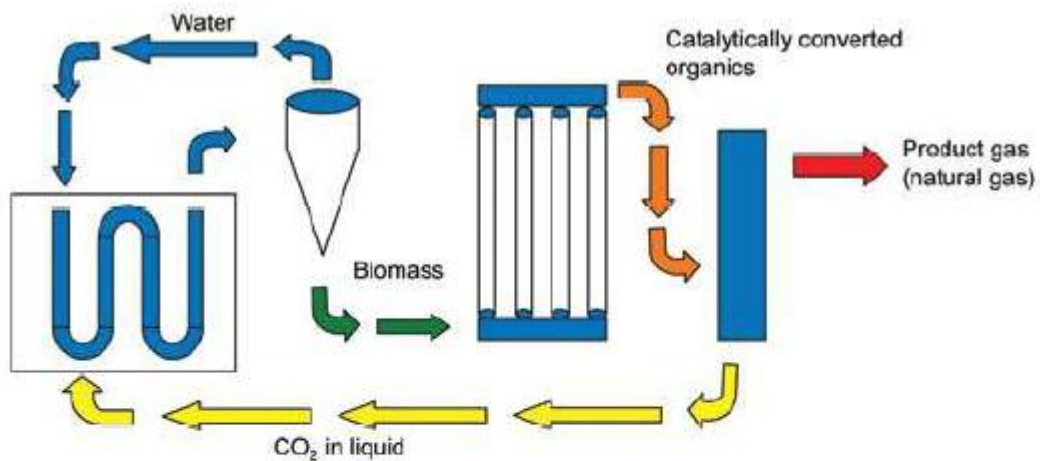
⁴⁸ <http://www.genifuel.com/text/20090730%20Biomass%20Article.pdf>

RENEWABLE VS FOSSIL NATURAL GAS

COMPONENT	NATURAL GAS (MOLE %)	
	FOSSIL	RENEWABLE
Methane	95.2	97.4
Ethane	2.5	0.5
Higher hydrocarbons	0.3	0.5
Nitrogen	1.3	0.5
Carbon dioxide	0.7	0.3
Hydrogen	Trace	0.3
TOTAL	100.0	100.0

comparison: comparación

Genifuel



Growth

Growth ponds or troughs

Biomass Separator

Concentrator gives 15-20% solids; concentrator type depends on species in biomass

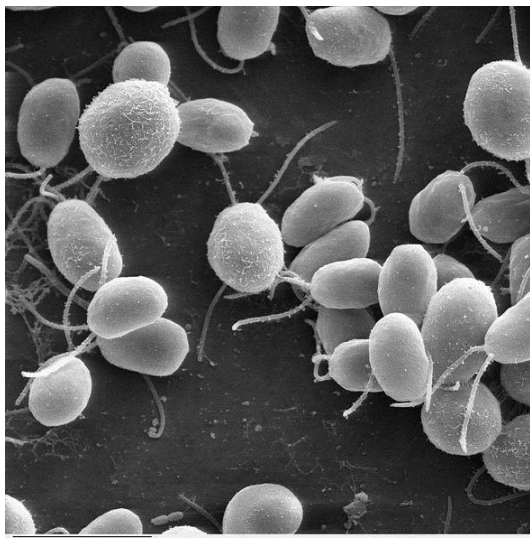
Gasifier

Catalytic gasifier converts biomass to methane and carbon dioxide

Product Gas Separator

Separator yields product gas plus CO₂ dissolved in condensate for recycling to growth medium

Algas como vía de fermentación para aumentar la producción de hidrógeno



Las algas producen además otro combustible: el hidrógeno, aunque fabrican una pequeña cantidad durante la fotosíntesis, ciertas versiones genéticamente modificadas de algas verdes podrían ser una fuente muy buena de hidrógeno. Algunos investigadores que estudian un alga unicelular productora de hidrógeno, la *Chlamydomonas reinhardtii*, revelaron una vía anteriormente desconocida de fermentación, que podría abrir nuevas posibilidades de aumentar la producción de hidrógeno⁴⁹.

La *C. reinhardtii*, una habitante muy común de los suelos, produce de forma natural pequeñas cantidades de hidrógeno cuando se la priva del oxígeno. Como la levadura y otros microbios, bajo condiciones anaerobias, esta alga genera su energía a partir de la fermentación. Durante la misma, se libera el hidrógeno a través de la acción de una enzima llamada hidrogenasa, que se energiza mediante electrones generados por la descomposición de compuestos orgánicos o bien por la del agua a través de la fotosíntesis⁵⁰. Normalmente, sólo una pequeña fracción de los electrones interviene en la generación de hidrógeno. Sin embargo, uno de los objetivos más importantes de la labor de investigación en este campo fue el desarrollo de mecanismos que incrementen esta fracción, lo que aumentaría la producción potencial de hidrógeno.

En el nuevo estudio, los investigadores del Carnegie Institution's Department of Plant Biology, el National Renewable Energy Laboratory (NREL), y el Colorado School of Mines (CSM), examinaron los procesos metabólicos de una cepa mutante que no era capaz de formar la hidrogenasa de forma activa.⁵¹ Los científicos ignoraban que esta vía de fermentación metabólica existía en las algas hasta que generaron la cepa mutante. Este descubrimiento sugiere que existe una flexibilidad significativa en la forma en que las algas verdes terrestres pueden metabolizar el carbono bajo condiciones anaerobias.

Bloquear o modificar algunos de esos procesos metabólicos permitiría a los investigadores aumentar la cantidad de electrones cedidos a la hidrogenasa bajo condiciones anaerobias y producir altos niveles de hidrógeno. Siendo una fuente de energía potencialmente capaz de sustituir a los combustibles fósiles, el hidrógeno puede reducir en gran medida la emisión de gases de efecto invernadero.

⁴⁹ Science Daily, “New Possibilities For Hydrogen-producing Algae”, (25/3)

⁵⁰ Technology Review, “Hydrogen from Algae”, (27/9/2007)

⁵¹ <http://www.jbc.org/cgi/content/abstract/284/11/7201>

Algas, el método natural para capturar dióxido de carbono



La firma de *groundbreaking* china, ENN, desarrolló un biorreactor de gases invernaderos que cría microalgas, con la captura de carbono de la gasificación de carbón. China es el mayor emisor de gases de efecto invernadero, en gran parte porque confía en el carbón para el 70% de la generación de energía. Casi no se captura dióxido de carbono, en parte porque no hay ninguna forma provechosa de utilizarlo⁵².

Las algas pueden ser la respuesta. El organismo puede absorber carbono mucho más rápido que los árboles, una cualidad que por mucho tiempo atrajo a científicos internacionales que buscan un método natural para capturar más gases de efecto invernadero. En el campus de investigación del ENN en Langfang, a una hora de Beijing, los científicos prueban microalgas. El carbón primero es gasificado en un ambiente subterráneo simulado. El dióxido de carbono es extraído con ayuda solar y energía eólica, que luego *"alimenta"* a las algas, que entonces pueden ser usadas para hacer biocombustibles, fertilizantes o alimento animal.

Los expertos extranjeros son entusiastas. *"Los biocombustibles y el secuestro de algas están siendo intentados en un manojito de sitios, pero nunca como un mix de energía innovadora"*, dijo Deborah Seligsohn, del World Resources Institute, quien visitó ENN recientemente con un grupo de ejecutivos de energía. *"Esto es realmente interesante y ambicioso"*. Los investigadores planean aumentar la prueba a un sitio de 100 hectáreas durante los próximos tres años. Si demuestra que son comercialmente factibles, las centrales eléctricas de carbón en todo el mundo podrían estar algún día al lado de los invernaderos de algas.

"La promesa de las algas consiste en que su población puede duplicarse cada pocas horas. Esto ocurre por el uso mucho más eficiente de la luz solar que las plantas", dijo Zhu Zhenqi, senior advisor en el proyecto. *"La biología ha sido probada en el laboratorio. El desafío ahora es una ingeniería: tenemos que aumentar la producción y reducir los costos. Si podemos solucionar este desafío, podemos tratar con el carbono"*. Las algas deben ser cosechadas cada día. La extracción de los componentes aceitosos y la quita de agua son caras y con gran intensidad de energía. ENN experimenta

⁵² The Guardian, "China recruits algae to combat climate change", (29/6)

con diferentes algas para encontrar un híbrido que tiene el equilibrio ideal de contenido de aceite y velocidad de crecimiento. En la prueba se utilizan técnicas de cultivación que varía los niveles de acidez y temperaturas.

Las pruebas de algas también están siendo realizadas en la Universidad de Ohio. En Japón, las algas son cultivadas en el mar donde ésta absorbe el carbono del aire. En otra parte, el carbono es rociado o burbujado en charcas de algas. Pero ENN se enfoca en un acercamiento directo. *"Aquí podemos controlarlo, como en un reactor"*, dijo Gu Junjie, un senior advisor. *"Teóricamente podemos absorber el 100% de las emisiones de dióxido de carbono por una mezcla de microalgas y fijación química con el hidrógeno"*. Esto podría utilizarse en una escala grande en el desierto del norte de Mongolia, donde la tierra es barata, abundante y necesita fertilizantes. Pero por otra parte, el uso puede ser limitado debido a las grandes áreas de tierra o agua necesaria para la cultivación.

"Las algas probablemente no son la solución principal para el problema del carbono debido a la cantidad de CO₂ que tiene que ser consumido", dijo Ming Sung, jefe representante para Asia Pacífico de Clear Air Task Force. Pero, dijo: *"las algas son parte de la solución y están más cercanas a lo que la naturaleza se propone. Siendo una de las formas más simples de vida"*.

Análisis V: Brasil apuesta por las cepas de microalgas

Estudiadas hace por lo menos 20 años por iniciativas independientes de investigadores brasileños, esos vegetales microscópicos entraron en el foco del Ministério da Ciência e Tecnologia (MCT). Si antes las investigaciones se limitaban a los sectores de cosméticos y fármacos, el interés se vuelve para la producción de biocombustibles⁵³. Desde 2006, la estatal Petrobras trabaja en sociedad con la Universidade Federal do Rio Grande (FURG), en Rio Grande do Sul, para desarrollar el nuevo biocombustible. El proyecto entró a principios de año en su segunda fase. *"Tenemos que suministrar la necesidad de materia prima para la producción de biodiesel, que deje la dependencia de la soja. Lo más rápido posible"*, dijo Rafael Menezes, coordinador de acciones de desarrollo energético del MCT.

Las investigaciones fueron divididas en cinco áreas prioritarias: el estudio del potencial de cepas de microalgas; la evolución de las propiedades físico-químicas del biodiesel de algas; los procesos más económicos y eficientes; la evaluación de la viabilidad económica del cultivo y el desarrollo de técnicas para maximizar la productividad del aceite. En dos años, el Conselho Nacional de Pesquisa Científica e Tecnologia (CNPq) invertirá el total de 4,5 millones de reales en búsqueda de las respuestas de al menos parte de las preguntas científicas. La primera de ellas es también el mayor desafío: ¿cómo producir combustible de algas a un bajo costo?

Las cifras prohibitivas se deben al proceso industrial de concentración, separación y secado de las algas. Porque son extremadamente pequeñas, con tamaños que varían de 2 a 200 micrómetros (un millonésima parte del metro), las algas necesitan ser primero aglutinadas para que entonces fueran separadas del agua. Eso sólo es posible a través de la filtración, centrifugación o por el uso floculantes. Además de técnicas caras, consumen

⁵³ Valor, "Brasil pesquisa alga como combustível", (22/1)

mucha energía. “Una centrífuga grande llega a costar hoy algo como 100 mil dólares. Filtros, 5 dólares la unidad. Y son necesario centenares”, afirma Paulo César Oliveira, del FURG.

Durante la primera fase del proyecto, los investigadores recolectaron especies nativas de Rio Grande do Norte e identificaron 40 especies de microalgas. “Aún están siendo realizados estudios para verificar si entre ellas hay nuevas ocurrencias en relación a las 30 mil ya catalogadas por la ciencia”, afirma, en nota, la estatal. En los próximos 24 meses, el desafío del grupo será el escalonamiento de la producción, pasando de los experimentos actuales con tres mil litros de agua para tanques mayores de 10 mil litros. “La idea es quitar hasta tres kilos de algas por litro de agua en el periodo de diez días”.

Pesa aún su productividad. La soja, principal base de biodiesel en Brasil, rinde de 400 a 600 kilos de óleo por hectárea y tiene sólo un ciclo por año. El girasol produce de 630 a 900 kilos. Pero una investigación reciente del Instituto de Biología da Universidade Federal Fluminense indica que las microalgas encontradas en el litoral brasileño tienen el potencial energético para producir 90 mil kilos de óleo por hectárea. Es un interesante nuevo frente de acción.

Formalizada en el inicio del año, Algae Biotecnologia, empresa acogida en San Pablo es la primera del sector privado brasileño en invertir en la producción de un combustible limpio a partir de esos organismos, sólo Petrobras y científicos conectados a las universidades hacen eso hoy. La diferencia, en este caso, está en la forma de producción⁵⁴. Aunque no revele detalles hasta la aprobación de la patente, prevista para los próximos meses, Algae Biotecnologia está en conversación con dos usinas paulistas para desarrollar un proyecto-piloto en el cual los subproductos del sector sucroalcooleiro son incorporados en la producción del combustible. La idea es aprovechar lo que hoy es aún ampliamente desconsiderado –aguas residuales, bagaço, paja y dióxido de carbono (CO₂) emitidos en la fermentación- e integrarlos en el proceso, resolviendo dos problemas de un golpe: el pasivo ambiental de la fábrica y un medio de cultivo económicamente factible.

Para llevar adelante la investigación, Algae Biotecnologia invertirá 5 millones de reales, siendo casi 3 millones advenidos del Fundo Tecnológico (Funtec) del Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES), un apoyo no reembolsable, y el restante de la Financiadora de Estudos e Projetos (Finep), Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) y de la caja propia de la empresa.

Según Sergio Goldemberg, gerente técnico de Algae, una de las condicionantes del BNDES es la asociación con una universidad brasileña. Por eso, Algae se asoció Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal de São Carlos (UFSC), localizado en Araras, en el interior de San Pablo. Los científicos de este centro, con fuerte tradición en las investigaciones con caña de azúcar, ya identificaron tres de una preselección de 15 microalgas. Hoy los trabajos están en fase de laboratorio. Si todo ocurre como lo previsto, Alga Biotecnologia tendrá una planta piloto operando, a partir del año próximo. La expectativa es de, en dos años, cerrar una asociación con una usina paulista.

EnerDossier ofrece servicios de consultoría y asesoramiento sobre sectores estratégicos de la economía global a empresas privadas, organismos públicos y ONGs. Quienes leen semanalmente los informes de EnerDossier conocen los enfoques high-quality sobre temas del sector energético.

Si desea mayor información escribir a herman.pacheco@enerdossier.com

⁵⁴ Valor, “Aporte privado nas pesquisas de algas”, (15/5)