

# INVESTIGACIÓN en microalgas como alternativa energética: una experiencia de desarrollo tecnológico local

FOTOGRAFÍA: [HTTP://WWW.STOCKFREEIMAGES.COM](http://www.stockfreeimages.com) © NETRIS/ © GASHAF | STOCK FREE IMAGES & DREAMSTIME STOCK PHOTOS

## Mónica Cristina Rodríguez Palacio

Licenciatura en Hidrobiología y maestría en Biología en la Universidad Autónoma Metropolitana-Iztapalapa. Trabajó durante más de seis años en el establecimiento de una colección de cultivos de microalgas colectadas de diferentes regiones de la República mexicana, los cuales se están probando para la producción de biocombustibles y productos de valor agregado, a nivel laboratorio y escala piloto; esto último en colaboración con la Universidad Iberoamericana Puebla. Actualmente es profesora e investigadora en el Departamento de Hidrobiología de la UAM-I. Ha formado recursos humanos a nivel licenciatura y posgrado y dictado cursos a nivel nacional e internacional en este tema. (mony@xanum.uam.mx)

## Ricardo Vázquez Perales

Ingeniero físico por el Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey. Maestro en Ciencias en Planificación del Desarrollo Regional por la Universidad de Dortmund, Alemania, y la Universidad de Ciencia y Tecnología de Kumasi, Ghana. Doctor en Ingeniería de la Energía con especialidad en Economía de la Energía por el Centro de Investigación en Energía de la UNAM. En 2006 fue premiado con la beca "Príncipe Bernardo de Holanda" por el "Fondo Mundial de Conservación de la Naturaleza" (WWF). Su tesis doctoral obtuvo el 2° lugar del concurso de tesis doctorales en Desarrollo Sustentable de la UNAM, 2009. Sus temas de investigación incluyen manejo de residuos municipales, bioenergía, sistemas forestales y agroforestales, biotecnología de microalgas y economía de la energía. Es académico de la Universidad Iberoamericana Puebla donde es coordinador de la Licenciatura en Ciencias Ambientales y Desarrollo Sustentable, responsable del proyecto de investigación en biotecnología de microalgas de la UIA Puebla, en colaboración con la Universidad Autónoma Metropolitana-Unidad Iztapalapa. (ricardo.vazquez.perales@iberopuebla.edu.mx)

# INTRODUCCIÓN

El aumento en la demanda de combustibles fósiles y la declinación de las reservas de origen fósil se conjugan para que el petróleo y otros combustibles hayan alcanzado precios históricamente altos desde 2008. Las sociedades del mundo se enfrentan a la disyuntiva de mitigar y adaptarse a los efectos del cambio climático, sin dejar de satisfacer sus necesidades de alimentación, transporte, confort y producción de bienes y servicios. Un cambio de paradigma energético es urgente, en el que se haga uso racional de la energía, enfatizando la disminución en el consumo de combustibles con una transición al uso de alternativas tecnológicas de energía renovable que sean social, ambiental y económicamente sustentables. En las últimas décadas, la investigación científica y tecnológica ha desarrollado varias alternativas de energía renovable, que en algunos casos son esperanzadoras y en otros no tanto, especialmente cuando se trata de encontrar las relativas a los combustibles del sector transporte.

Entre las alternativas que han despertado mayor interés, por su potencial de producción y bajos impactos al ambiente, destacan las microalgas como fuente de biomasa para producir biocombustibles de tercera generación: biodiesel, bioetanol y biohidrógeno.

Las microalgas son organismos fotosintéticos microscópicos que habitan en medios acuosos; tienen capacidad de reproducirse celularmente más rápido que las plantas, almacenando energía solar en sus enlaces bioquímicos, realizando captura de CO<sub>2</sub> de la atmósfera y remoción de nutrientes del agua o del medio de cultivo. Muchos estudios han mostrado que la biomasa de las microalgas se compone, principalmente, de carbohidratos, lípidos y proteínas, pero que también contienen compuestos bioquímicos de alto valor, como carotenos, ácidos grasos omega 3, ficobiliproteínas y otros metabolitos de interés para la humanidad (Abalde *et al.*, 1995; Arredondo *et al.*, 2007). Las microalgas no sólo nos ofrecen la posibilidad de producir biocombustibles, sino una gama de productos de alto valor agregado, lo cual en un futuro logrará hacer redituable este proceso (Cohen, 1986). Dentro de estos productos resaltan los suplementos alimenticios y los de uso medicinal, como agentes antimicrobianos, antifúngicos, antivirales, antitumorales, antiinflamatorios, antiácidos, hipocolesterolémicos, anticoagulantes, hemaglutinantes (Muñoz *et al.*, 1992; Chu *et al.*, 2004), antioxidantes y cosméticos (Dutra *et al.*, 2007; Lim *et al.*, 2002).

## EL TRABAJO POR HACERLO REALIDAD

En el país son pocos los trabajos que han buscado la aplicación del recurso algal a nivel de producción comercial; la mayoría de los estudios se han centrado en taxonomía y ecología de microalgas y cianobacterias. Sin embargo, es importante enfocar la atención en la búsqueda de aplicaciones de este recurso, ya que México cuenta con una alta diversidad microalgal y una excelente ubicación geográfica que beneficiaría los cultivos a gran escala.

Los cultivos de microalgas pueden ser una alternativa ideal de producción de combustibles, ya que no compiten con la producción de alimentos sino que pueden incrementarla al producir biocombustibles, no requieren suelo fértil ni competir por agua de uso humano o agrícola porque pueden utilizar aguas grises residuales municipales o salinas para el cultivo, logrando así un doble beneficio ambiental, un efluente libre de contaminantes orgánicos y una biomasa susceptible de ser transformada en biocombustible.

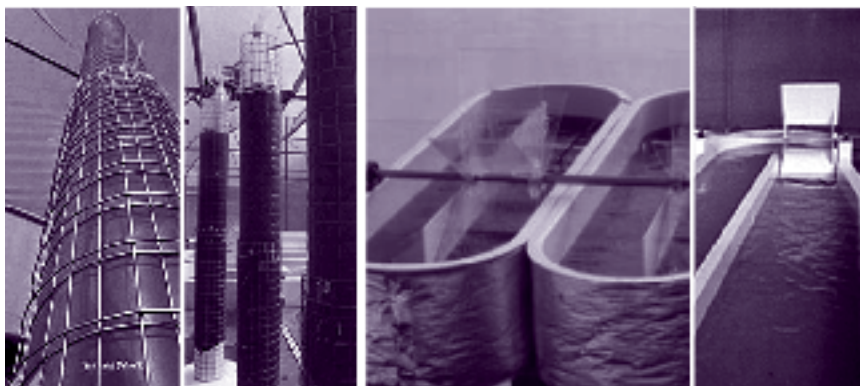
La mayoría de los biocombustibles que encontramos en el mercado internacional provienen de plantas oleaginosas como maíz, girasol, soya, coco, palma,

jatropha o canola; de grasas animales y aceites de fritura (Vieira-Costa, 2004). Según estudios realizados, para reemplazar en 2007 todo el combustible de transporte consumido en Estados Unidos con biodiesel serían necesarios 0.53 mil millones m<sup>3</sup> de biodiesel anual. Si el biodiesel se obtuviera a partir de palma de aceite, abastecer el 50% de ese consumo requeriría una superficie de cultivo equivalente a 47% de la superficie agrícola de Estados Unidos, y 140% con jatropha, por lo que los cultivos de oleaginosas convencionales no representan una opción para cubrir la demanda; en cambio, con microalgas se ocuparía una superficie equivalente al 2% (Chisti, 2007), sin que ésta tuviera que ser tierra fértil. Para México, con base en el estudio de Wijffels (2008), se estima que la sustitución total de los combustibles del transporte con biodiesel de microalgas podría abastecerse utilizando una superficie equivalente al 0.68% del territorio nacional.

La idea de tomar un organismo que se alimenta de CO<sub>2</sub> y utilizarlo para crear combustible parecía difícil de entender hace algunos años, sin embargo, hoy, muchas organizaciones nacionales e internacionales están invirtiendo para hacer realidad esta idea. Gracias a una mejor comprensión de las posibilidades técnicas de esta alternativa han surgido proyectos en el país patrocinados por SAGARPA, Fundación Produce Puebla A.C. y CONACYT, que buscan apoyar la investigación aplicada para un beneficio futuro, con el propósito de que la producción de biocombustibles, por medio de microalgas, sea sustentable social, ambiental y económicamente.

Hace aproximadamente tres años, un equipo de investigadores de la Universidad Iberoamericana Puebla (UIA Puebla), la Universidad Autónoma Metropolitana (UAM-Iztapalapa) y el Centro de Investigaciones Científicas del Noroeste (CIBNOR), iniciamos un proyecto interdisciplinario e interinstitucional con el apoyo económico de

la Fundación Produce Puebla A.C., por el que se construyó una planta piloto experimental en la UIA Puebla para la investigación del cultivo de microalgas a escala semicomercial. Esta planta es única en su estilo, ya que prueba diferentes sistemas de cultivo construidos con materiales económicos locales, con la finalidad de comparar la cantidad y calidad de la biomasa algal que se produce. El propósito del proyecto es generar alternativas de aprovechamiento de la biomasa microalgal bajo principios de sustentabilidad. El equipo del proyecto realizó diseños propios de sistemas de cultivo en biorreactores en columna y *raceways* (estanques abiertos tipo carrusel). La planta piloto cuenta con seis biorreactores en columna con capacidad de 75 litros, siete *raceways*, de los cuales tres de ellos tienen una capacidad de 300 litros y otros cuatro una capacidad de 3 000 litros.



Biorreactores de columna de 75 l | Estanques tipo *raceway* de 300 y 3000 l

La planta piloto está en un invernadero que permite la entrada de la luz a 85%, por lo que los cultivos operan con luz natural. En los *raceways* la aireación se realiza por rotores que impulsan el agua a una velocidad aproximada de 30 cm/s, y en los reactores en columnas la aireación se realiza por medio de inyección de aire. Como forma de nutrición de las algas hemos utilizado medios de cultivo alternativos; en lugar de emplear las formulaciones costosas que se utilizan comúnmente para los cultivos microalgales (medio *f/2*, etc.), hemos probado el uso de fertilizantes foliares y aguas residuales municipales; en el caso de los fertilizantes foliares su uso disminuye los gastos de la producción de la biomasa microalgal y hace más eficiente el proceso de producción porque son de fácil preparación. Hay que mencionar que el uso de fertilizantes en el cultivo de microalgas tiene un impacto ambiental mucho menor que en la agricultura, ya que las algas aprovechan los nutrientes con mayor eficiencia que las plantas; en el caso de las aguas residuales municipales se busca obtener un doble beneficio ambiental, un agua libre de carga orgánica que puede ser reusada para otros fines, disminuyendo los niveles de nitratos y fosfatos que usualmente significan un problema en el tratamiento de aguas municipales, y generar una biomasa algal con valor agregado, susceptible de ser utilizada para biocombustibles y otros productos de interés humano.



Planta piloto de investigación en microalgas en Puebla

Aunque existen grandes expectativas en relación con que los cultivos de microalgas implican una de las mejores alternativas para la producción de aceites para biodiesel, se sabe que no todas las microalgas son susceptibles de explotación para este fin debido a que, en algunos casos, la biomasa puede no ser tan rica en lípidos, o que sus lípidos no sean idóneos para transformarse en biodiesel, por lo que deben destinarse a otros fines. Para identificar el mejor uso de una especie de microalga, o de un sistema de cultivo, es necesario realizar diferentes análisis y pruebas a escala piloto, para determinar su composición proximal, cualidades de interés, y bajo qué condiciones de cultivo se puede aprovechar mejor.

Las especies que hemos cultivado con éxito en la planta piloto han sido *Desmodesmus quadricaudata*, *Chlorella vulgaris*, *Scenedesmus dimorphus*, *S. obliquus* y *Spirulina subsalsa*, todas nativas de México, y en *Desmodesmus quadricaudata* encontramos mayor concentración de lípidos que pueden ser susceptibles de utilizarse como fuente de aceite para la producción de biodiesel. En el caso de *Spirulina subsalsa*, nuestro interés ha sido su valor nutricional para generar alternativas de alimentación en comunidades marginadas.

En este proyecto innovador, y de grandes perspectivas a futuro, se han formado recursos humanos en esta línea en los niveles de licenciatura y posgrado. Hemos presentado los resultados en varios foros nacionales e internacionales y estamos por publicar un libro titulado *Avances y perspectivas en el cultivo de microalgas*. Y seguimos trabajando, porque aún quedan algunos cuellos de botella que superar, como realizar la cosecha de la biomasa microalgal de forma económica, mejorar el proceso de extracción de lípidos y la transesterificación del aceite microalgal.

### Literatura citada

- Abalde, J., A. Cid, P. Fidalgo, E. Torres y C. Herrero (1995), *Microalgas: Cultivo y Aplicaciones*, Universidad de Coruña: 210.
- Arredondo-Vega, B.O. & D. Votolina (eds.) (2007), *Métodos y herramientas analíticas en la evaluación de la biomasa microalgal*, cibnor: 97.
- Chisty, Y. (2007), "Biodiesel from microalgae", *Biotechnology Advances*, 25: 294-306.
- Chu .Y., W. R. Liao, R. Huang and L. P. Lin (2004), "Haemagglutinating and antibiotic activities of freshwater microalgae", *World Journal of Microbiology and Biotechnology*, 20: 817-825.
- Cohen Z.M. (1986), "Products from microalgae" en A. Richmond (ed.), *Handbook of microalgal mass culture*, crc Press Boca Raton Florida: 421-454.
- Dutra F, R. Crespo, M. A. Coelho, V. Laneuville (2007), "Produtos naturais de algas marinhas e seu potencial antioxidante", *Braz. J. Pharmacogn*, 17 (4): 631-639.
- Lim, S.N, Cheung, PCK, Ooi VEC, Ang PO (2002), "Evaluation of antioxidative activity of extracts from a brown seaweed", *Sargassum siliquastrum*. *J. Agric. Food Chem*, 50:3862-3866.
- Muñoz A., A. López, F. Chazado, Y. Gamallo, A. Otero, M. Patiño, C. Reguera, V. Sabin y E. Vecino (1992), *Drogas del Mar*, Universidad de Santiago de Compostela. Imprenta Universitaria: 188.
- Vieira-Costa, J.A. (2004), *Produção de biodiesel a partir de microalgas*, Primer Congreso Latinoamericano sobre Biotecnología Algal, Argentina. ISBN N° 987-1130-32-5.
- Wijffels, R. R. (2008), "Potential of sponges and microalgae for marine biotechnology", *Trends Biotechnol*: 26-31.