




Académica del  
Laboratorio de  
Biotecnología  
de Microalgas,  
Universidad Nacional  
narcy.villalobos.  
sandi@una.cr

## Biorrefinería fotosintética: uso de microorganismos para una producción amigable con el ambiente

..... || **Narcy Villalobos Sandí** .....

 **A** lo largo de los años, Costa Rica se ha desempeñado como un país con grandes avances en el campo de la conservación de los recursos naturales; sin embargo, hace falta afinar el camino relacionado con la utilización sostenible de estos recursos, el uso de la tierra y la disminución del impacto ambiental por las actividades humanas (Programa Estado de La Nación, 2015). En este sentido, la bioprospección, entendida como una actividad responsable en donde se buscan y utilizan los recursos naturales en beneficio de la sociedad, es útil para poder atender este desafío.

Considerando el creciente impacto de las personas sobre el ambiente, hace necesario buscar formas alternativas de desarrollo que sean más amigables con la naturaleza y permitan un desarrollo más sustentable. Bajo este panorama, el concepto de biorrefinería, entendida como una industria que utiliza la biomasa para producir sustancias químicas, materia prima, alimento y/o productos que puedan ser útiles en el campo de la bioenergética (Zhu, 2015), podría ser una alternativa viable que favorezca a nuestra sociedad y además que genere productos ambientalmente preferibles.



Volver al índice

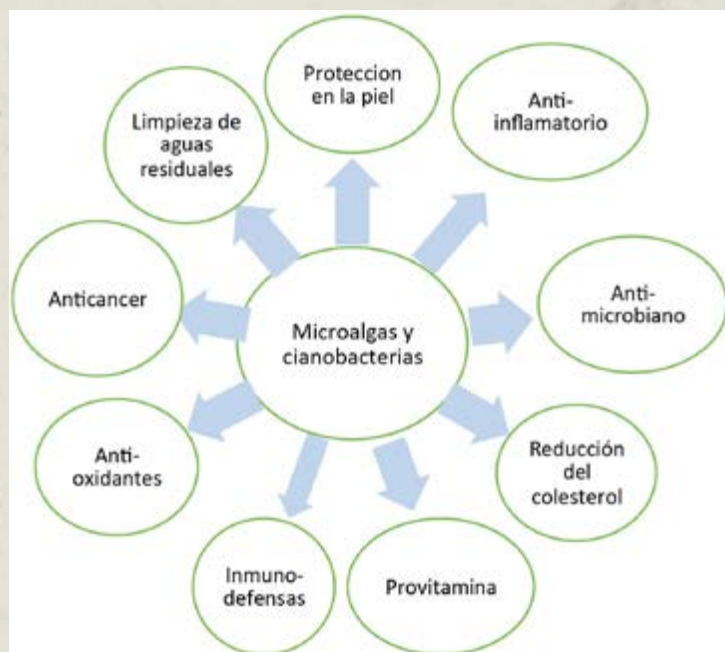
Actualmente esta actividad es empleada alrededor del mundo en industrias de alimentos, de salud, de energía, de agricultura, y en la producción de materiales y sustancias para el cuidado personal (Rasala & Mayfield, 2015). La fuente de biomasa para este tipo de industrias puede ser muy diversa, desde plantas, hongos y hasta microorganismos. Estos últimos pueden ser de gran variedad, por ejemplo: bacterias, levaduras, cianobacterias y microalgas. En particular, las cianobacterias y las microalgas comprenden organismos fotosintéticos con características muy peculiares, capaces de utilizar la energía del sol en forma directa y además de fijar carbono inorgánico gaseoso, por lo que contribuyen con la limpieza de la atmósfera. Estos organismos también sintetizan una serie de compuestos en su metabolismo primario y secundario con reconocidos beneficios. Por ejemplo, tienen la capacidad de utilizar elementos contaminantes en las aguas residuales que a su vez son imprescindibles para su crecimiento, producen hidrógeno gaseoso y su biomasa también puede ser usada como piensos o para la obtención de productos como el biodiesel.

Las células de estos microorganismos se pueden considerar «microfábricas» donde a través de la fotosíntesis logran elaborar todo lo necesario para crecer y de paso, producen metabolitos de interés, que pueden ser útiles de diversas formas. Históricamente, su cultivo se llevó a cabo con fines de producción de alimento para animales e incluso para el ser humano (Milledge,

2011); sin embargo, por su perfil bioquímico en la actualidad también se utilizan como aditivo a nutrientes básicos como agentes probióticos para la alimentación de peces, camarones, bivalvos y otros (Becker, 2007; Hemaiswarya, Raja, Ravi, Ganesan & Anbazhagan 2011), y para producir pigmentos como clorofila, astaxantina y B-caroteno, los cuales son de gran comercialización a nivel mundial (Figura 1).

En términos ambientales, su capacidad de fijar carbono las convierte en microorganismos que, en sistemas de cultivo abiertos, desempeñan una función muy importante en lo que respecta al cambio climático pues su cultivo podría llegar a disminuir la cantidad de CO<sub>2</sub> en el aire. Este gas es imprescindible para el metabolismo de estos organismos, por lo que también el cultivo de estas se ha considerado en sitios en donde las concentraciones de este gas son muy altas y las emisiones del mismo podrían ser inyectadas directamente a un cultivo y ser usada como fuente de carbono.

**D**iversas compañías a lo largo del mundo están contribuyendo al mercado con productos obtenidos a partir de las microalgas y cianobacterias, sobre todo como suplemento alimenticio animal o como alimentos saludables. Tal es el caso de Cyanotech Corporation, quien tiene su sede en Hawaii y cuenta con 21 años de experiencia. Uno de los principales productos de esta empresa es BioAstin®, una astaxantina natural extraída a partir de la microalga *Haematococcus*. Para



**Figura 1.** Algunos de los usos de los compuestos producidos por la biomasa microalgal en una biorrefinería

esto la empresa cuenta con una biorrefinería que inicia con una producción en sistemas cerrados de hasta 40 mil litros durante 7 días, la cual luego es llevada a sistemas abiertos de hasta 500 litros de capacidad. Otro de sus valiosos productos es *Spirulina*, una cianobacteria que la venden envasada como una fuente de nutrientes, vitaminas y aminoácidos esenciales valiosos, sobre todo por ser un suplemento alimenticio de origen vegetal. Su valor nutricional no solo está centrado en los antioxidantes que contiene sino que también en su contenido de ácidos grasos saludables.

Seambiotic es otra compañía con sede en Ashkelon, Israel, que utiliza la biomasa de varias microalgas crecidas en pozas abiertas de cultivo para obtener

bioetanol, aceites como Omega 3 y suplementos alimenticios. Fue fundada en el 2003 y en el 2007 se unió con la Corporación Eléctrica de Israel para llevar a cabo la producción de microalgas utilizando el CO<sub>2</sub> remanente de las chimeneas de esta compañía e inyectarlo en los cultivos, contribuyendo con la captura de carbono al tiempo que producen aditivos alimenticios. Otra compañía que incursionó en el mercado de los Estados Unidos en el 2008 es Algal Scientific Corporation, la cual tiene dos productos con marcas registradas denominadas ProGlucan™ y

PureAlgal™, ambas basadas en la biomasa pura de la microalga *Euglena gracilis*, la cual contiene betaglucanos que ayudan al sistema inmune de animales y humanos respectivamente. Una característica en particular de esta empresa es que además de generar este tipo de productos, han creado y patentado una tecnología para el tratamiento de aguas residuales de industrias por medio de cultivos biológicos, generando finalmente un tipo de fertilizante que también comercializan.

El mercado de los productos generados en biorefinerías a partir de microalgas también está lleno de patentes. Quien encabeza la lista es China con un 50% más en los últimos 20 años que Estados Unidos, quien aumentó un 13% en el periodo del 2009 al 2013, y posteriormente sigue



Japón, Korea y Europa, en donde Francia representa el país de esta región que más patentes registra con un 3% del total de patentes en el mundo (World Intellectual Property Organization [WIPO], 2016). América Latina no se queda atrás, y más bien los ojos están puestos sobre países como México, Chile, Argentina, en donde a pesar que sí se cuentan con algunas patentes, las mismas no han tenido mayor proyección fuera de sus propias fronteras.

El origen y finalidad de estas patentes ha sido diferente en cada país. Por ejemplo, en Asia y Europa, las patentes han sido generadas principalmente debido a la investigación académica mientras que en Estados Unidos, la empresa privada ha sido muy fuerte en este campo y ha logrado desarrollar investigación propia. En cuanto al fin de las mismas, tal y como se observa en la **Figura 1**, la gran diversidad de usos de compuestos extraídos a partir de microalgas pueden tener múltiples aplicaciones. Sin embargo, de acuerdo con las patentes mencionadas, China por ejemplo, es un mercado que se enfoca en aplicaciones de tipo nutricional y médica, mientras que en Estados Unidos se han enfocado en la producción de biocombustibles y en Korea y Japón en aplicaciones farmacéuticas.

Ahora bien, la pregunta clave sería: ¿Cuál es el panorama de Costa Rica para la implementación de una biorrefinería a partir de microalgas? En primer lugar, es necesario incentivar un mayor desarrollo de la investigación sobre de la diversidad microalgal del país y sus posibles usos.

Esto con el fin de buscar nuevos productos que el mercado necesite y así cubrir nuevas expectativas y productos de valor agregado de diversa índole. Por otro lado, es necesario evaluar el marco jurídico, pues la Ley de Biodiversidad N° 7788 del 30 de abril de 1998, establece que, para la búsqueda y utilización de la biodiversidad de Costa Rica, es necesario solicitar los permisos respectivos ante la Comisión Nacional para la Gestión de la Biodiversidad (CONAGEBIO). Si lo que se busca es la generación de biocombustibles a partir de biomasa microalgal, entonces va a ser necesario consultar la nueva Ley de Biocombustibles, la cual se encuentra en estos momentos siendo analizada en la Comisión de ambiente en la Asamblea Legislativa.

Por otro lado, el papel de las universidades públicas debe ser determinante. La Universidad Nacional, la Universidad de Costa Rica y el Instituto Tecnológico se encuentran haciendo investigación valiosa en donde se utiliza la biomasa de las microalgas para fines como biorremediación, producción de hidrógeno y otros compuestos útiles, por lo que fortalecer este tipo de investigación científica, que además se enmarca dentro de los planes estratégicos establecidos por las mismas, puede trazar la línea para la implementación de un tipo de desarrollo más adecuado a las necesidades de la sociedad. Es importante mencionar que ya hay empresas interesadas en formular convenios con las universidades para desarrollar proyectos en conjunto que lleven a

una aplicación práctica de estos productos. Sin embargo, para que todo esto sea posible de ejecutar, es necesario que las universidades, a través de las oficinas de Cooperación Técnica, generen instrumentos en donde se especifiquen los derechos y deberes de cada uno de los participantes en estos proyectos.

El país necesita mayor inversión en desarrollo e investigación, mayor contacto academia-empresa, mayores oportunidades para establecer trabajos en conjunto, entre instituciones que realmente deseen generar productos, que además de hacer crecer sus finanzas, logren tener un verdadero impacto en el mercado nacional, para posteriormente incursionar en el mercado internacional.

**E**n conclusión, Costa Rica a pesar de ser un país con muchas necesidades, cuenta con una gran riqueza natural de la cual podemos hacer uso racional, y así generar productos útiles para la sociedad que nos permitan resolver problemas fundamentales. La ciencia está llamada a esto, y tanto las microalgas como las cianobacterias tienen gran potencial. En esta línea, el concepto de biorrefinería es posible de implementar debido a que estos microorganismos pueden hacer uso de la energía lumínica para la fabricación de compuestos orgánicos y además, tienen un costo mucho más bajo que su fabricación alternativa en forma sintética. Estamos en el momento oportuno para la fabricación e implementación de sistemas comerciales que utilicen biotecnologías

para la producción industrial de estos compuestos.

#### Referencias

- Becker W. (2007). Microalgae in Human and Animal Nutrition. In: A. Richmond (Ed.), *Handbook of Microalgal Culture Biotechnology and Applied Phycology* (Chapter 18, pp. 312-351). Oxford, UK: Blackwell Publishing. doi: <https://doi.org/10.1002/9780470995280.ch18>
- Hemaiswarya, S., Raja, R., Ravi Kumar, R., Ganesan, V. & Anbazhagan, V. (2011). Microalgae: a sustainable feed source for aquaculture. *World J Microbiol Biotechnol* 27(8), 1737–1746. doi: <https://doi.org/10.1007/s11274-010-0632-z>
- Rasala, B.A. & Mayfield, S.P. (2015). Photosynthetic biomanufacturing in green algae; production of recombinant proteins for industrial, nutritional, and medical uses. *Photosynth Res.* 123(3), 227-239. doi: <https://doi.org/10.1007/s11120-014-9994-7>
- Milledge, J. (2011). Commercial application of microalgae other than as biofuels: a brief review. *Reviews in Environmental Science and Bio/Technology* 10(1), 31–41. doi: <https://doi.org/10.1007/s11157-010-9214-7>
- Programa Estado de la Nación en Desarrollo Humano Sostenible. (2015). Vigésimo primer Informe Estado de la Nación en Desarrollo Humano Sostenible. San José, Costa Rica: PEN.
- World Intellectual Property Organization. (2016). Patent Landscape Report: Microalgae-Related Technologies. Consultado en [http://www.wipo.int/edocs/pubdocs/en/wipo\\_pub\\_947\\_5.pdf](http://www.wipo.int/edocs/pubdocs/en/wipo_pub_947_5.pdf)
- Zhu, L. (2015). Biorefinery as a promising approach to promote microalgae industry: An innovative framework. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 41, 1376–1384. doi: <https://doi.org/10.1016/j.rser.2014.09.040>