

# Editorial

La utilización de una amplia variedad de microalgas se propone como una alternativa en el desarrollo de bioprocesos sostenibles. Esto, principalmente debido a su enorme biodiversidad, capacidad de proliferar en diversos ecosistemas, por su elevada eficiencia fotosintética, presentar una relativamente alta velocidad de crecimiento (en comparación con las plantas), una extensa flexibilidad metabólica, capacidad para sostener la biodiversidad de comunidades acuáticas y la versatilidad que ofrecen para la obtención de una vasta variedad de productos de interés biotecnológico. Entre estos productos se encuentran los biocombustibles, diversos productos para la industria alimentaria (antioxidantes, ácidos grasos poliinsaturados, pigmentos, proteína unicelular, nutracéuticos y ficobiliproteínas, entre otros) y cosmética, así como otros productos de valor agregado. También, por su capacidad de fijación de dióxido de carbono y la posibilidad de formar consorcios con otros microorganismos, útiles para el tratamiento de aguas residuales, permiten que las microalgas sean un grupo importante para la sostenibilidad ambiental.

En este número especial de la Revista *BioTecnología* se presentan varias contribuciones, generadas como parte del curso de *Biología Microalgal*, impartido como Tópico Selecto en el Posgrado de Ciencias Bioquímicas en el Instituto de Biotecnología de la UNAM. Los artículos de revisión pretenden introducir al lector en las variables relevantes para el cultivo de microalgas y en la obtención de algunos productos a partir de estos fascinantes microorganismos. Considerando la gran variedad de aplicaciones, los procesos y productos obtenidos a partir de microalgas, actualmente son el foco de un número importante de investigaciones, tanto en Institutos y Universidades, como en empresas de todo el mundo. Seguramente, en números futuros de la *Revista BioTecnología*, la comunidad Biotecnológica y Bioingenieril reportará avances obtenidos en investigaciones que generan conocimiento para entender la fisiología, bioquímica y biología celular y molecular de estos microorganismos y en el desarrollo de cultivos y tecnologías para la generación de biomasa microalgal y productos derivados de este grupo. Como se puede constatar con la lectura de los artículos de este número especial, existen aún muchos retos por solucionar, pero estamos convencidos de que la comunidad biotecnológica pronto tendrá la capacidad de resolverlos.

Varias de las contribuciones describen aspectos de los biorreactores utilizados para cultivar microalgas. Particularmente, en el primer capítulo se presenta una revisión crítica de los sistemas disponibles para su cultivo, tanto a nivel de investigación, en escalas de laboratorio y piloto, como los utilizados a escala de producción, incluyendo los sistemas comerciales de éxito. Se concluye que actualmente no existe un sistema de cultivo ideal y universal y que la tecnología idónea depende tanto del producto objetivo como de las especies de microalgas y las condiciones ambientales a utilizar. Entre las principales limitantes están los costos asociados a la construcción y operación de los fotobiorreactores, además de los conocimientos restringidos que existen relativos al escalamiento y los fenómenos de transporte asociados a la fisiología microalgal en cultivos mixto y fototróficos.

# Editorial

En los capítulos subsecuentes se analiza y discute el tema de acumulación y producción de pigmentos en microalgas, con énfasis en funciones fisiológicas, sus aplicaciones y técnicas de producción. Para los carotenoides, ficobiliproteínas y clorofila, que se utilizan como pigmentos naturales y como agentes nutracéuticos por propiedades antioxidantes, en la mayoría de las ocasiones los valores de producción son menores al 5% (p/p) en peso seco de microalgas. En comparación con la producción de colorantes sintéticos, esto resulta en procesos económicamente no factibles. Con el fin de hacer viable, tanto técnica como económicamente su producción, se requiere mejorar las técnicas de bioprocesos, biología molecular e ingeniería metabólica, para incrementar la generación de biomasa y la concentración específica de los diferentes pigmentos. Especialmente se plantea que la ficocianina, que actualmente se extrae de la cianobacteria *Arthrospira platensis* cultivada autotróficamente, también puede ser producida a partir de la microalga extremófila *Galdieria sulphuraria*, al ser capaz de crecer en medios minerales y condiciones extremófilas tales como pH muy ácidos y temperaturas mayores a 40 °C. Además, la ficocianina extraída de esta microalga presenta mayor termoestabilidad que la obtenida de otras microalgas o cianobacterias y puede ser producida mediante cultivos autotróficos, mixotróficos o heterotróficos.

Posteriormente se muestran algunas aplicaciones específicas para la obtención de poliglucanos, ácido eicosapentaenoico (EPA) y para remover moléculas generadas de la degradación parcial del plástico PET (poli etilen tereftalato). Los poliglucanos, los cuales pueden ser utilizados como polímeros en diversas aplicaciones industriales y alimenticias, también pueden ser utilizados como fuente de carbono, alternativo a los almidones obtenidos en cultivos terrestres, para la generación de productos de interés industrial como ácidos orgánicos y biocombustibles. La producción del ácido graso omega EPA, con la microalga *Phaeodactylum tricorutum*, se puede maximizar mediante su manipulación genética y optimización de las condiciones de cultivo. Sin embargo, en comparación a los procesos tradicionales de obtención de EPA a partir del aceite de pescado, la producción a partir de microalgas todavía requiere de desarrollar bioprocesos económicamente viables. En este sentido, uno de los principales desafíos, con los cultivos de *P. tricorutum*, es incrementar la productividad de biomasa y el contenido específico de EPA. Por otro lado, se ha reportado que varias especies de algas tienen la capacidad de internalizar, almacenar e incluso degradar los poliésteres de ácido ftálico (PAEs), que se encuentran presentes en ecosistemas acuáticos y que son generados a partir de la degradación parcial del PET. Entre las especies que se han reportado están *Chlorella pyrenoidosa*, *Cylindrotheca closterium*, *Dunaliella salina*, *Chaetoceros muelleri*, *Synechocystis* sp., *Synechococcus* sp., *Cyanothece* sp. y *Karenia brevis*, que pueden degradar algunos PAEs, así como *Desmodesmus* sp. WR1, que particularmente degrada el bisfenol A. Se concluye que la ficorremediación es un área que presenta alternativas para la restauración de los ambientes acuáticos. Sin embargo, es un área en la que aún falta mucho por investigar, aunque promete dar soluciones para disminuir los efectos adversos de los microplásticos.

En los últimos capítulos se describen los sistemas utilizados en la transformación del genoma del núcleo o cloroplasto de *Chlamydomonas reinhardtii*, realizada principalmente por *Agrobacterium tumefaciens*, biobalística y otras metodologías moleculares.

# Editorial

Se destaca que en los últimos años ha habido avances significativos en aplicaciones para la transformación y edición de estos genomas. Se enfatizan las estrategias moleculares, propuestas en investigación, para la ingeniería del genoma del cloroplasto de *C. reinhardtii*, y aplicadas en la producción de proteínas de alto valor comercial. Se concluye que *C. reinhardtii* tiene el potencial de ser uno de los principales modelos de investigación y desarrollo tecnológico con fines de producción de proteínas recombinantes.

Se han generado diversidad en la investigación con microalgas, en diferentes épocas, fundamentalmente por su gran potencial en aplicaciones biotecnológicas, *p. ej.* en la generación de bioenergía, alimentos (para humanos y animales), cosméticos, fármacos, biofertilizantes, así como la aplicación en biorremediación ambiental y tratamiento de aguas, entre otros. No obstante, aún con las importantes mejoras tecnológicas alcanzadas hasta ahora, la implementación de diferentes procesos basados en microalgas, particularmente en las tecnologías de producción en masa a escala comercial, requieren investigaciones más extensas con el fin de generar viabilidad técnica, económica y ambiental a escala comercial. En este sentido, existen muchas oportunidades para que investigaciones en biotecnología y bioingeniería permitan generar procesos y productos a escala industrial.

*Dr. Alfredo Martínez Jiménez, M. en C. Francisco Vera López Portillo  
y M. en C. Carlos Alberto Montenegro Herrera*  
*Instituto de Biotecnología-UNAM*  
[alfredo.martinez@ibt.unam.mx](mailto:alfredo.martinez@ibt.unam.mx)