

ENFOQUES PARA EL CULTIVO INTENSIVO DE MICROALGAS, COMO FUENTE DE MATERIA PRIMA PARA LA OBTENCIÓN DE PRODUCTOS DE ALTO VALOR AGREGADO Y SECUESTADOR DE CO₂.

APPROACHES TO THE INTENSIVE CULTIVATION MICROALGAE AS RAW MATERIAL SOURCE FOR OBTAINING HIGH VALUE ADDED PRODUCTS AND CO₂ SEQUESTRATION.

Dra. Maria E. O'Farrill Pie*, MSc. Yanet Pérez Boffil*, Dr. Juan P. Hernández Touset*.
* Departamento Ingeniería Química. Facultad Química Farmacia. Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas. ofarrill2001@yahoo.es

Resumen:

La situación actual debida al agotamiento de los combustibles fósiles, incremento del precio del petróleo y dificultades ambientales, demanda urgentemente fuentes alternas de energía, siendo una opción promisoría el biodiesel: biocombustible producido primordialmente a partir de aceites provenientes de plantas oleaginosas; cuya disponibilidad, desafortunadamente, es incapaz de sustituir el mercado de petrodiesel. El uso de microalgas para la producción de biodiesel es una alternativa ventajosa debido al elevado contenido de lípidos y perfil idóneo para la obtención del biocombustible que éstas ofrecen. Aunado a lo anterior, otros atributos de las microalgas son: su elevada eficiencia fotosintética, lo que las convierten en excelentes secuestradoras del CO₂, su capacidad de crecer tanto en aguas marinas, dulces, residuales y salobres, así como su velocidad de crecimiento relativamente alta. No obstante, los sistemas de cultivo de microalgas actualmente presentan ciertas limitantes tales como: la escasez de información para su escalamiento, la dificultad para el mantenimiento de monocultivos, los elevados costos de operación para la producción y recolección de la biomasa de microalgas, entre otros. Ante estos inconvenientes, la optimización de sus sistemas de cultivo es imprescindible. El propósito de este trabajo es el de diseñar una estrategia investigativa que proporcione un panorama general y crítico de esta alternativa bioenergética, mediante el análisis de los fundamentos de la misma.

Palabras clave: Biodiesel, microalgas, biocombustible, lípidos, fotobiorreactores.

Abstract:

The current situation due to the exhaustion of fossil fuels, increasing oil prices and environmental difficulties, urgent demand for alternative sources of energy, be an option promising the biodiesel: biofuel produced primarily from oils from oleaginous plants, the availability of which unfortunately, is incapable of replacing the petrodiesel market. The use of microalgae for biodiesel production is an advantageous alternative due to the high lipid content and ideal profile for obtaining biofuels they offer. In addition to this, other attributes are its high microalgae photosynthetic efficiency, which make them excellent sequestering of CO₂, its ability to grow both in marine waters, sweet and salty waste, and its relatively high growth rate.

However, microalgae culture systems currently have some limitations such as: insufficient information for scaling, difficulty maintaining monocultures, high operating costs for the production and harvesting of microalgae biomass, etc. Given these inconveniences, optimizing their culture systems is essential. The purpose of this paper is to design a research strategy that provides a critical overview of this alternative and bioenergetics, by analyzing the fundamentals of it.

Key Words: Biodiesel, algae, biofuel, lipids, photobioreactors

1 Introducción :

En este siglo la humanidad afronta una grave problemática debido al aumento de la demanda energética mundial, agotamiento de los combustibles fósiles, incremento del precio del petróleo y las dificultades ambientales causadas por los gases de invernadero tales como la contaminación local del aire y el calentamiento global. Esta situación demanda urgentemente fuentes alternativas de energía basadas en procesos sustentables, renovables y amigables con el ambiente, que además posibiliten la captura de CO_2 . Una alternativa energética promisoriosa que ha resultado muy atractiva en años recientes es el biodiesel [1,2,3,4] (monoalquilésteres de alcoholes de cadena corta, usualmente etanol y metanol, con ácidos grasos de cadena larga obtenidos a partir de biomasa renovable y que es técnicamente capaz de sustituir al diesel derivado de petróleo como combustible [5,6,7]). Los aceites vegetales son la principal materia prima para la producción de biodiesel, razón por la cual el uso de cultivos de alto contenido oleaginoso ha sido estudiado exhaustivamente. Los principales materiales oleaginosos utilizados derivan de la palma, colza y soya, además del girasol, coco, cacahuete, oliva, mostaza, entre otros [3, 7, 8, 9,10, 11]. El mercado creciente de producción de biodiesel a partir de aceites vegetales comestibles, requeriría del uso de enormes extensiones de terreno fértil, situación que podría conllevar a crisis alimentarias ante la escasez de suelos cultivables. La sustentabilidad de la industria del biodiesel requiere de materias primas alternas que permitan operar continuamente y superar las limitaciones señaladas [6]; una alternativa prometedora es la obtención de aceites a partir de cultivos de microalgas.

El uso de microalgas para la producción de biodiesel es una alternativa ventajosa debido al elevado contenido de lípidos y perfil idóneo para la obtención del biocombustible que éstas ofrecen. Aunado a lo anterior, otros atributos de las microalgas son su elevada eficiencia fotosintética, su capacidad de crecer tanto en aguas marinas, dulces, residuales y salobres, así como su velocidad de crecimiento relativamente alta. El empleo de algas es considerado una fuente importante a utilizar por su gran potencial para absorber el CO_2 , debido a que estas en el proceso de fotosíntesis, consumen este gas y producen O_2 . Este será el punto clave para evitar catástrofes ambientales y desarrollar un cultivo de algas a alta velocidad utilizando este gas como materia prima principal. [12]

En las dos últimas décadas se ha ido desarrollando una nueva tecnología dirigida al proceso de cultivo intensivo de las algas: la biotecnología, que trabaja mediante un conjunto de operaciones técnicas, combinando el conocimiento de la biología y enfocada hacia procesos de interés económico-social para la humanidad. La biotecnología de las microalgas se ha enfocado principalmente en la producción controlada de la biomasa y aprovechamiento de la misma.

Las distintas especies de algas, junto a la biodiversidad química encontrada en cada especie en particular, constituyen un recurso prácticamente ilimitado que puede ser utilizado de forma favorable a través de la biotecnología, con el fin de obtener productos para la agricultura, alimentos, usos farmacéuticos, etc. Por estas razones, se estudian tecnologías para favorecer el cultivo masivo de estas plantas.

Teniendo en cuenta lo anterior el objetivo fundamental de este trabajo va encaminado a:

- Establecer una estrategia investigativa que permita el estudio del proceso de cultivo intensivo de microalgas con el propósito de obtener biomasa con una calidad estable, de manera que garantice su empleo como fuente de materia prima, para obtener productos de alto valor agregado y al mismo tiempo contribuir al secuestro de CO_2 .

2 Estrategia para abordar el estudio del cultivo intensivo microalgas

Para dar cumplimiento al objetivo propuesto se han establecidos tres etapas para el desarrollo de la investigación:

- a) Fase de cultivo intensivo a escala de laboratorio
- b) Fase de modelación matemática de la etapa de cultivo intensivo de microalgas.
- c) Fase de integración a diferentes niveles.
- a) Fase de cultivo intensivo a escala de laboratorio.

El estudio experimental de la etapa de cultivo intensivo de especies de microalgas mediante del empleo de fotobiorreactores, se llevará a cabo empleando primeramente aire y en un segundo momento empleando una mezcla de aire enriquecida con CO₂ en diferentes cantidades. Ambas condiciones de cultivo se realizarían variando las condiciones de temperatura, iluminación, salinidad del medio y empleo de diferentes fuentes de nutrientes, para evaluar las características de la biomasa producida en cada caso, mediante los métodos experimentales (crecimiento celular), analíticos (determinación de consumo de NO³, absorbancia en células, análisis de peso seco, determinación de contenido de lípidos) y de análisis cromatográficos, establecidos para evaluar la calidad y características de la biomasa producida. Estos últimos aspectos diferirían en dependencia de la variedad de microalgas con que se esté trabajando, por lo que un análisis adecuado de los resultados obtenidos conducirían a la selección de un tipo adecuado de microalgas, teniendo en cuenta el objetivo principal que se persiga: sea el de la producción de biomasa o el de la producción de lípidos o aceites para la obtención de biocombustibles. El esquema de selección mostrado a continuación puede servir de guía para realizar una selección adecuada del tipo de microalgas con el que se quiera trabajar.

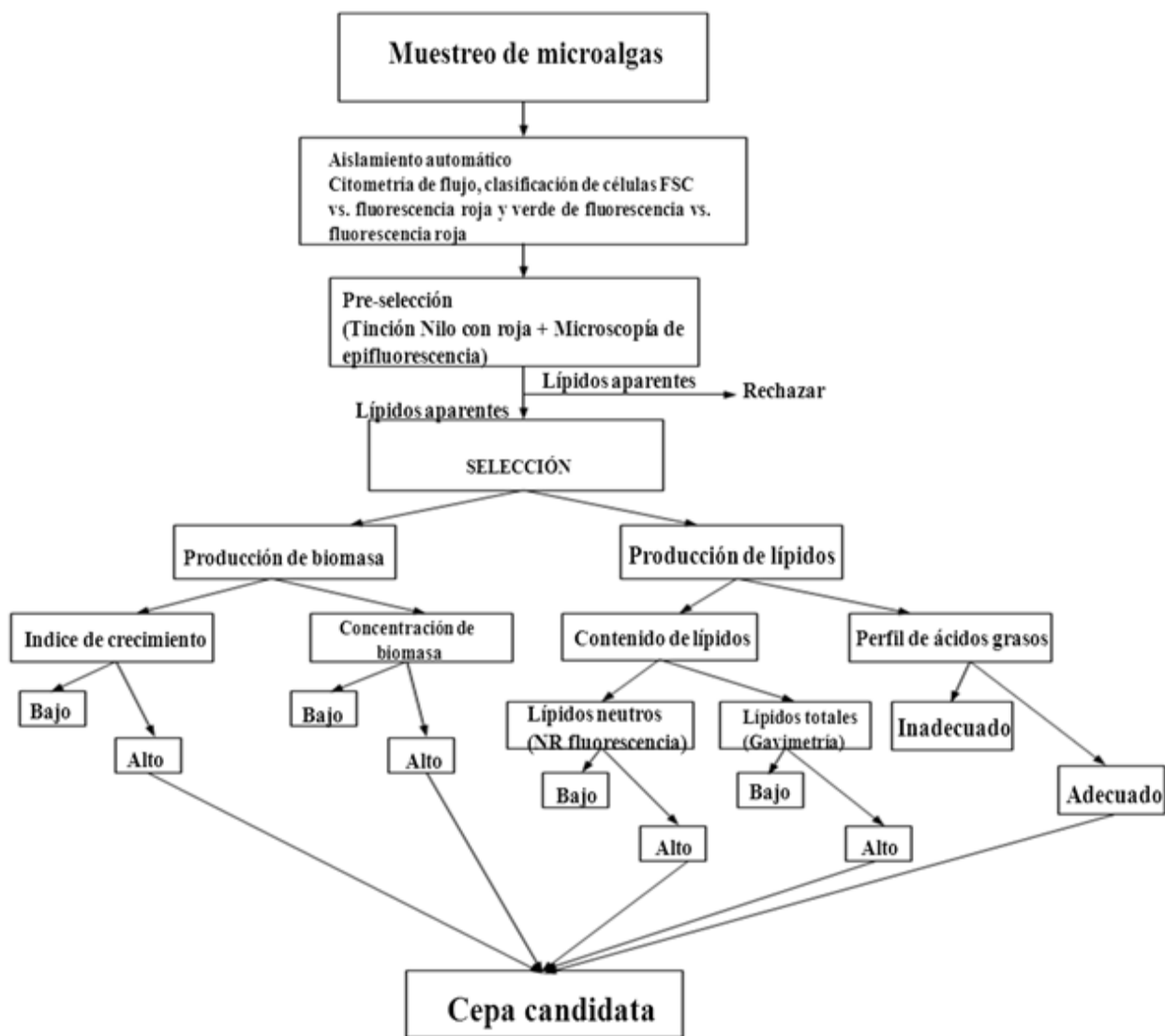


Figura # 1: Procedimiento para la selección de cepas de microalgas. [13]

b) Fase de Modelación Matemática.

La ingeniería de procesos moderna se basa en el uso de modelos matemáticos rigurosos para realizar tareas de análisis, diseño, optimización y control. El desarrollo de un modelo matemático puede considerarse como un ciclo en el que la estimación de parámetros y el diseño óptimo de experimentos dinámicos juegan un papel fundamental. La modelación matemática de procesos biológicos es un instrumento para describir y verificar los procesos cinéticos que intervienen en el cultivo intensivo de microalgas en fotobiorreactores, y una herramienta para predecir el comportamiento de estos procesos, aplicable al diseño, evaluación y control de procesos.

Etapas del estudio de la modelación matemática del cultivo intensivo de microalgas en fotobiorreactores: Para abordar la modelación del proceso de cultivo intensivo de microalgas se deben tener en cuenta las siguientes etapas:

1-Confeción del modelo. (Tomando como base Referencias Bibliográficas)

2-Ajuste. (a partir de Datos Experimentales y/o datos de la Literatura)

3-Validación. (Mediante Pruebas Estadísticas y Estudios de Simulación)

4-Análisis de Aplicaciones del modelo para el:

- Estudio operacional del proceso.
- Optimización de parámetros.
- Estudio de control automático con enfoque optimizante.

c) Fase de Integración a diferentes niveles.

El proceso de producción de biodiesel está conformado en términos generales por las etapas elementales indicadas en la figura #2.

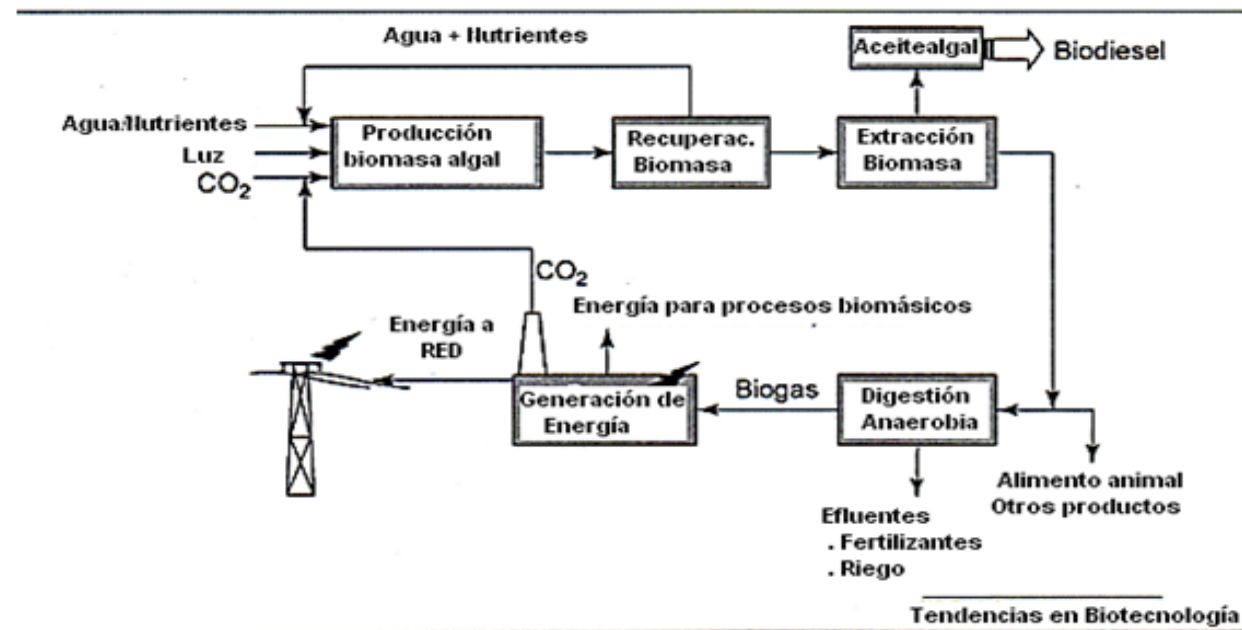


Figura #2: Esquema conceptual del proceso de producción de biodiesel a partir de microalgas.

El agua, los nutrientes (de diferentes naturaleza, sean compuestos químicos o compuestos orgánicos ricos en fuente de carbono residuales de procesos como las vinazas de destilerías de alcohol), el CO₂ y la luz, son proporcionados a los sistemas de cultivo (abiertos, cerrados o híbridos) para la producción de biomasa de microalgas rica en lípidos. El CO₂ suministrado puede provenir del aire ambiente, o bien, los sistemas de cultivo pueden ser acoplados a flujos ricos en este gas procedente de emisiones industriales, tales como las de las plantas generadoras de energía eléctrica, salas de fermentación de destilerías de alcohol, etc. La biomasa producida es separada del agua y los nutrientes residuales son recirculados hacia la etapa inicial de producción de biomasa. Los aceites son extraídos a partir de la pasta de microalgas, siendo después transformados en biodiesel y glicerol, mediante la reacción de transesterificación (alcalina, ácida o enzimática). Este esquema conceptual puede incluir etapas adicionales que permitan acoplar la producción de biodiesel al aprovechamiento de los co-productos, es decir, del glicerol y de la biomasa microalgal libre

de lípidos, ya sea directamente como insumos industriales, en la alimentación humana, animal y/o acuícola, o indirectamente a través de su transformación en productos alternos tales como biogás o bioetanol, entre otros. [2, 14]

La factibilidad de la producción de biodiesel de microalgas depende de su competitividad con los combustibles fósiles, de manera tal que los costos de producción resultan decisivos, situación ésta que demanda la reducción de los costos de producción de biomasa microalgal.

3 Conclusiones:

La producción de biocombustibles mediante el aprovechamiento de las algas, se está convirtiendo en una alternativa real; no obstante, se deben superar algunos desafíos en términos de la rentabilidad para el cultivo de algas (microalgas y macroalgas) destinadas a la producción de biocombustibles; y en la concentración del CO₂ para la producción de las algas, ante lo cual, constituye una perspectiva la consideración de estrategias de producción basadas en el concepto de ‘biorrefinerías’, donde los componentes restantes de la biomasa microalgal después de extraer los lípidos, pueden ser transformados en productos comercializables tales como: alimento para ganado, extracción de pigmentos naturales, otras sustancias químicas de alto valor agregado y hasta el uso de la digestión anaerobia para obtener biogás o metano.

4 Bibliografía:

- 1-T. Donohue & R. Cogdell, Microorganisms and clean energy. *Nat Rev. Microbiol.* 4 (2006) 800-807.
- 2-P.M. Schenk, S.R. Thomas-Hall, E. Stephens, U.C. Marx, J.H. Mussgnug, C. Posten, O. Kruse & B. Hankamer, Second generation biofuels: high-efficiency microalgae for biodiesel production, *Bioenergy Res.* Springer Science + Business Media, LLC, 2008.
- 3-X. Meng, X. Yang, X. Xu, L. Zhang, Q. Nie & M. Xian, Biodiesel production from oleaginous microorganisms. *Renewable Energy.* 34 (2009) 1-5.
- 4-L. Rodolfi, G.C. Zittelli, N. Bassi, G. Padovani, N. Biondi, G. Bonini & M.R. Tredici, Microalgae for oil: strain selection, induction of lipid synthesis and outdoor mass cultivation in a low-cost photobioreactor. *Biotechnol. Bioeng.* 102 (2009) 100-112.
- 5-J. Sheehan, T. Dunahay, J. Benemann, & P.A. Roessler, Look back to the US Department of Energy’s Aquatic Species Program – biodiesel from algae, National Renewable Energy Laboratory, Golden CO; Report NREL/TP-580-24190 (1998) 328. www.nrel.gov/docs/legosti/fy98/24190.pdf
- 6-B. Liu & Z. Zhao, Biodiesel production by direct methanolysis of oleaginous microbial biomass, *J. Chem. Technol. Biotechnol.* 82 (2007) 775-780.
- 7-D. Song, J. Fu & D. Shi, Exploitation of oil-bearing microalgae for biodiesel, *Chin. J. Biotech.* 24 (2008) 341-348.
- 8-F. Ma & M.A. Hanna, Biodiesel production: a review, *Bioresour Technol.* 70 (1999) 1-15.
- 9-S. Al-Zuhair, Production of biodiesel: possibilities and challenges, *Biofuels Bioprod. Bioref.* 1 (2007) 57-66.
- 10-Anónimo, Biodiesel: combustible del futuro, *Claridades Agropecuarias.* 163 (2007) 3-12.
- 11-Q. Li, W. Du & D. Liu, Perspectives of microbial oils for biodiesel production, *Appl. Microbiol. Biotechnol.* 80 (2008) 749-756.
- 12-S. L. Velázquez, Análisis de la Tecnología de Producción de CO₂ en la Empresa Azucarera Diversificada “Antonio Sánchez”, UCLV, Facultad de Química y Farmacia, Departamento de Ingeniería Química, Santa Clara, 2009
- 13-Y. Doan & B. Sivaloganathan, Screening of marine microalgae for biodiesel feedstock, *Biomass & Bioenergy.* 35 (2011) 2534-2544.
- 14-Y. Chisti, Biodiesel from microalgae beats bioethanol, *Trends Biotechnol.* 26 (2008) 126-131.