

Evaluación del potencial energético de la microalga *Chlorella protothecoides* en el Ecuador para la obtención de biocombustibles

Alberto Reis¹, Isabel Andrade²

¹Unidad de Bioenergía, Laboratorio Nacional de Energía y Geología, Lisboa, Portugal

²Departamento de Ciencias de la Energía y Mecánica, Escuela Politécnica del Ejército, Sangolquí, Ecuador

RESUMEN: En este proyecto de tesis se analizó el potencial energético de la microalga *Chlorella protothecoides* para producción de biocombustibles en Ecuador, siendo ésta una de las especies más atractivas en el campo de la bioenergía, principalmente por su alto contenido de lípidos, su robustez y adaptabilidad (Infante et al., 2012). Se observó a nivel experimental el cultivo y producción de biomasa en condiciones ambientales y geográficas de la serranía del Ecuador.

A lo largo de este trabajo se muestran varios parámetros de crecimiento de la microalga, como son productividad en función de la cantidad y el tipo de fertilizante y productividad en función del porcentaje de concentración de biomasa, los cuales se fueron ajustando para determinar las mejores condiciones del medio de cultivo en el lugar de estudio, con el fin de trabajar a la máxima productividad y a un costo manejable. Se obtuvo una velocidad específica de crecimiento de $\mu = 0,105 \text{ d}^{-1}$ en un medio de cultivo con 1 ml/l de fertilizante sin contenido de carbono y aire a una tasa de 0.5 vvm. La máxima producción diaria de microalgas fue de 0,23 g/l-d, en un cultivo con el 60% de concentración de biomasa. Se escogió los métodos disponibles para recuperación de biomasa, extracción de grasa, obtención de biodiesel y análisis de perfil de ácidos grasos, evaluándose de esta manera la cantidad y calidad de aceite utilizable para posible producción de biodiesel a gran escala en el país. Se encontró el 9.68% (p/p) de lípidos en el extracto seco, con un valor de 1,42% para metiléster poliinsaturado y 1,42% para metiléster linoléico.

PALABRAS CLAVE: Microalgas, cultivo, fertilizante, lípidos, biocombustible.

ABSTRACT: This thesis analyzes the energy potential of the microalgae *Chlorella protothecoides* for biofuel production in Ecuador, which is one of the most attractive species in the field of bioenergy, mainly because of its high lipid content, robustness and adaptability, (Infante et al., 2012). The research is based on experimental cultivation and biomass production in environmental and geographical conditions of the Ecuadorian highlands.

Furthermore, available methods are chosen for biomass recovery, lipids extraction, procurement of biodiesel and FAME profile analysis, thus evaluating the oil quantity and quality for a potential use of this kind of microalgae for biodiesel large scale production in the country.

Throughout this report, various growth parameters of the microalgae are shown, such as productivity based on the quantity and type of fertilizer and the productivity according to the concentration of biomass, which were progressively adjusted so as to determine the best conditions for the culture medium at the investigation site, in order to work at the maximum productivity with a manageable cost. A specific growth velocity of $\mu = 0,105 \text{ d}^{-1}$ was obtained, in a culture medium with 1 ml/l of fertilizer without carbon content and a rate of air supply of 0.5 vvm. The maximum production of microalgae was 0,23 g/l-d, in a culture with 60% of biomass concentration. Based on the disposable technology, several methods were chosen for biomass recovery, oil extraction, biodiesel obtainment and lipid profile analysis, thus evaluating the oil quantity and quality for a potential use of this kind of microalgae for biodiesel large scale production in the country. It was found that there was 9.68% (p/p) of lipids in the dry extract with a 1,42% polyunsaturated FAME and 1,42% linoleic FAME.

KEY WORDS: Microalgae, culture, fertilizer, lipids, biofuel.

I. INTRODUCCIÓN

Las microalgas, así como una gran variedad de biomásas, han sido estudiadas durante décadas a nivel mundial, para producción de nutrientes en la industria alimenticia, acuicultura y cosmética, así como para su aprovechamiento en generación de biocombustibles de distintos tipos, dependiendo de las características de cada una de ellas y los métodos más adecuados para la extracción y procesamiento de sus productos.

La comunidad científica internacional ha dado grandes pasos dentro de esta línea investigativa en lo que se refiere a microalgas para producción de biodiesel; es así como en Latinoamérica, países como México (Universidad Autónoma Metropolitana), Brasil (See Algae Technology – Austria) y Chile (Clean Energy ESB S.A.) han desarrollado biorrefinerías de biomasa de microalgas, es decir, instalaciones y tecnologías que integran el proceso de conversión de la biomasa e infraestructura para producir simultáneamente combustibles, otras formas de energía, materiales y otras sustancias químicas a partir de ésta (Giraldo N., 2011). Sin mencionar todo el avance científico y tecnológico alcanzado en los otros continentes.

Debido a la eficiencia fotosintética de las microalgas, su alta tasa de crecimiento, contenido de lípidos y capacidad de captación de CO₂, la biomasa algal se convertiría en la materia prima más atractiva para la obtención de combustibles vegetales amigables con el ambiente; por esta razón se destaca la importancia de estudiar a fondo este recurso en Ecuador con fines energéticos.

En este trabajo se realizaron cultivos de *Chlorella protothecoides* en fotobiorreactores de polietileno con un volumen de dos litros en la Fase I-A para determinar la productividad en función de cantidad de fertilizante y en reactores de un litro en la Fase I-B para obtener la productividad en función de porcentaje de concentración de biomasa. Mediante análisis de la cromatografía de gases del aceite algal se supo el contenido de ácidos grasos presentes en el mismo.

II. METODOLOGÍA

La cepa de *Chlorella protothecoides* provino de inóculos almacenados y mantenidos en las algotecas del Laboratorio Nacional de Energía y Geología (LNEG), Lisboa - Portugal. La cepa original es la 25 proveniente de la colección UTEX (Texas University of Austin, Estados Unidos).

Fueron seleccionados los equipos y materiales disponibles en los laboratorios de la Facultad de Ciencias Químicas de la Universidad Central del Ecuador para procesos como la esterilización de los cultivos madre con autoclave a 121°C y 2 bar(abs) durante 20 minutos, medición de concentración celular por densidad óptica (absorbancia) con espectrofotómetro a una longitud de onda de 560nm, determinación de peso seco por filtración en membranas de 0.45µm de poro al vacío, captura de microalgas por centrifugación a 2000 rpm, refrigeración de la biomasa a -18°C y liofilización durante

24h, extracción de lípidos por el método de Soxhlet con circulación de hexano durante 8 horas y separación de solvente en rotavapor a 30°C.

El análisis de ácidos grasos fue realizado del aceite crudo extraído de las muestras con solvente y transesterificado mediante el método desarrollado por Lepage & Roy (1984) y usando como patrón interno un mix de FAMES C4-C24 de marca Supelco.

III. EVALUACIÓN DE RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la Fase I-A se hizo cuatro cultivos, con 100%, 75%, 50% y 25% de la cantidad de fertilizante recomendada por el proveedor, en ensayos con dos marcas diferentes. La primera, Agropesa no favoreció a las condiciones esperadas de crecimiento, la velocidad específica de crecimiento obtenida en cultivos con 3,75 ml/l (volumen de fertilizante por volumen de cultivo) fue $\mu = 0,023 \text{ d}^{-1}$. Los cultivos con 1 ml/l de fertilizante Evergreen por otro lado presentó la máxima velocidad específica de crecimiento de $\mu = 0,105 \text{ d}^{-1}$.

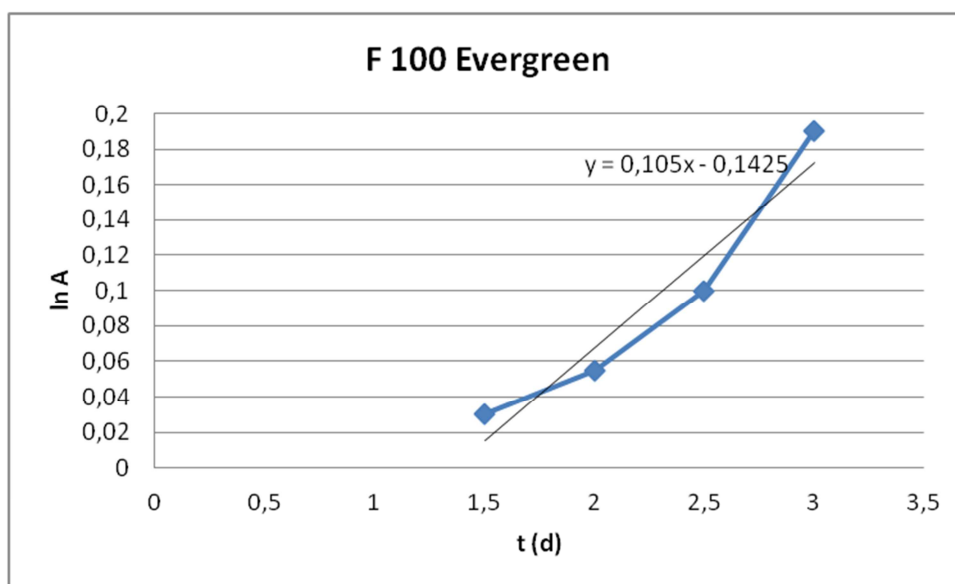


Figura 1. Gráfica semilogarítmica de crecimiento celular con 1ml/l de fertilizante Evergreen

Con el fin de conocer a qué porcentaje de concentración del cultivo se tiene la tasa máxima de crecimiento, en la Fase I-B se instalaron cuatro fotobiorreactores en régimen semi-continuo, con 20%, 40%, 60% y 80% de concentración de microalgas y luego se hizo un análisis para afinación de resultados en cultivos con 45%, 50%, 55% y 65% de concentración de biomasa, los resultados se muestran en las Figuras 1 y 2.

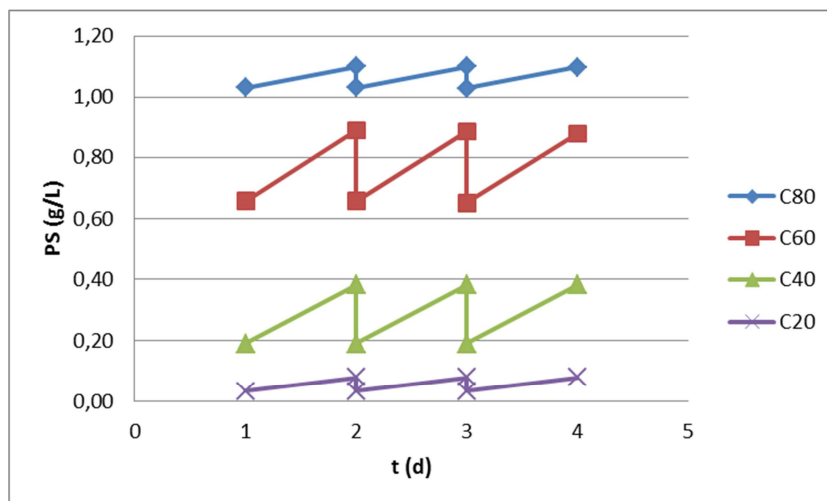


Figura 2. Evolución diaria de crecimiento de los cultivos C80-C60-C40-C20

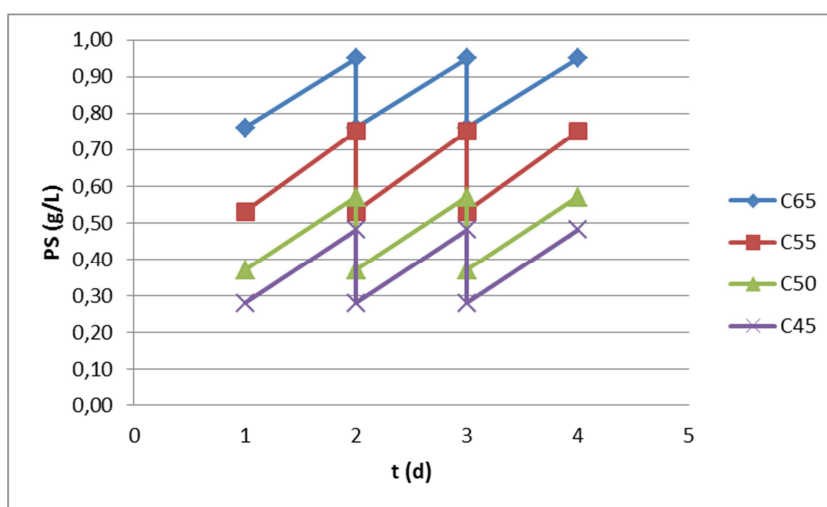


Figura 3. Evolución diaria de crecimiento de los cultivos C65-C55-C50-C45

El cultivo con el 60% de concentración presentó mayor producción diaria de algas, esto es 0,23 g/L-d ó 15,33 g/m²-d.

Se encontró el 9,68% (p/p) de lípidos en el extracto seco. En el perfil de ácidos grasos existentes en los lípidos esterificados extraídos de las microalgas, predomina la presencia de ácido palmítico o hexadecanóico (16:0) con 4,49%, los ácidos grasos poliinsaturados llegan a un 1,42% y el ácido linoléico (18:2) alcanza un valor de 1,42%.

IV. CONCLUSIONES

Las microalgas representan una opción muy interesante dentro de las nuevas tecnologías energéticas en el país, como satisfactoriamente viene siendo estudiada mundialmente, por sus características particulares de crecimiento y mínimas exigencias de recursos externos como agua limpia y terrenos fértiles. Los resultados arrojados del estudio de *Chlorella protothecoides* en Ecuador sugieren un potencial para producción de biodiesel, dada la adecuada tipificación de ácidos grasos encontrada, en el aceite transesterificado existe un exceso de ácidos grasos poliinsaturados.

Para mejorar este parámetro se puede hacer una reacción de hidrogenación parcial, o mezclar (hacer un blending) con otro aceite más saturado, como el de palma, que se produce en Ecuador, el porcentaje de ácido linoléico está entre los límites especificados en la norma. Se podría responder satisfactoriamente al aprovechamiento integral de la biomasa con estudios complementarios posteriores a este proyecto.

Referencias bibliográficas:

- Brennan L., Owende P., “Biofuels from microalgae — A review of technologies for production, processing, and extractions of biofuels and co-products”, *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 14:557-577, 2010.
- Chisti Y., “Biodiesel from microalgae.” *Biotechnology Advances* 11(6):1056-1086, 2007.
- Devi M., et al., “Heterotrophic cultivation of mixed microalgae for lipid accumulation and wastewater treatment during sequential growth and starvation phases: Effect of nutrient supplementation”, *Renewable energy*, 43:276-283, 2012.
- Garibay A., et al., “Biodiesel a partir de Microalgas”, *BioTecnología* 13(3):38-61, 2009.
- Infante C., et al., “Propagación de la microalga *Chlorella sp.* en cultivo por lote: cinética del crecimiento celular.” *Avances en Ciencias e Ingeniería*, 3(2):159-164, 2012.
- Wang B., Lan C., MICROALGAE FOR BIOFUEL PRODUCTION AND CO₂ SEQUESTRATION, Ed. Nova, Nueva York, 2010.