

OBTENCIÓN DE DIÉSEL B5 A PARTIR DE BIODIESEL DE MICROALGAS NANNOCHLOROPSIS OCEÁNICA PARA SU APLICACIÓN EN MOTORES DIÉSEL

1. RESUMEN.

El mundo está en constante búsqueda de la mitigación de gases de efecto invernadero. La disminución de la generación de CO₂ por el uso “necesario” de combustibles fósiles en motores diésel y el intento permanente de lograr un desarrollo sostenible, determinan casi una exigencia la obtención de alternativas de combustibles renovables y amigables con el medio ambiente, siendo el biodiesel una opción viable. En la actualidad, el biodiesel se obtiene del cultivo de semillas oleaginosas las cuales emplean extensas áreas de terreno fértil y recursos de gran importancia; sin embargo, este tipo de producción tiene un bajo rendimiento además competir por el alimento humano. Por otro lado, la producción de biodiesel a partir de microalgas marinas ofrece más ventajas, su cultivo es a gran escala, no compiten por suelos ni por alimentos, ni emplea recursos de gran importancia, además es una tecnología en desarrollo y tiene un alto rendimiento. El biodiesel a partir de microalgas puede ser usado directamente como B100 o B5 para su aplicación en motores Diésel, el cual presenta mejores propiedades que el Diésel N° 2.

Este documento desarrolla la obtención del Diésel B5 a escala de laboratorio a partir una mezcla de Diésel N°2 con biodiesel a base de microalgas marinas “Nannochloropsis Oceánica”, cuya producción no requiere de grandes extensiones de terreno ni necesita de agua especial para su cultivo, su crecimiento/reproducción depende además de la captura de dióxido de carbono CO₂ durante su proceso de fotosíntesis, lo que representa relevantes ventajas en comparación a la producción de biodiesel a base de semillas de plantas oleaginosas. De las pruebas realizadas al Diésel B5, los resultados muestran que el producto obtenido presenta valores superiores a los indicados en las especificaciones técnicas de calidad del D.S. N°092-2009-EM. Para el Diésel B5.

Palabras clave: Biodiesel, microalgas, lípidos, fotobioreactores

2. INTRODUCCIÓN.

La producción a grandes cantidades del biodiesel proveniente de aceites vegetales tiende a no ser sustentable, en el mundo cerca del 13.5% de los humanos tienen desnutrición (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, 2011), lo que indica que tanto los granos y otros cultivos de alimentos básicos ideales para la producción de biodiesel sean destinados para el consumo humano, además de competir por tierras cultivables (Balat y Balat.,2010; Demirbas, 2009). Ante este problema, muchos emprendedores, investigadores y el público en general concuerdan que la fuente para producir biodiesel es el uso de microalgas (Chisti, 2011; Scott et al., 2010), al tener ventajas ambientales, alto contenido lipídico en su estructura celular y rápida generación de biomasa en comparación con las semillas oleaginosas (Chisti, 2007).

Adicionalmente, el incremento en la producción de biodiesel a partir de productos destinados al consumo alimentario requerirá del uso de grandes superficies de terreno fértil, ésta situación nos podría llevar a una crisis alimentaria ante la escasez de terrenos cultivables. Por ejemplo, en el sureste de Asia y Brasil, el incremento en la producción de biodiesel a partir de soya y palma, ha causado un gran problema ambiental unido a la deforestación de zonas tropicales (Dismukes et al., 2008; Schenk et al., 2008). La sustentabilidad de la producción del biodiesel demanda de otro tipo materias primas que permitan mantenerse en el tiempo y superar éstos inconvenientes (Liu & Zhao, 2007); una gran alternativa es la obtención de biodiesel a partir de cultivos de microalgas marinas. Una de las principales causas que ocasiona el cambio climático, es la generada por la quema de combustibles derivados del petróleo, esto constituye un gran problema para la humanidad, específicamente por la emisión de dióxido de carbono - CO₂ a la atmosfera producidas por los vehículos de transporte, centrales termoeléctricas entre otros. Ante éste problema, urge la búsqueda de alternativas renovables y amigables con el medio ambiente como el biodiesel. En la actualidad, se produce biodiesel a partir de semillas oleaginosas como palma, olivo, soya, maíz, maní, girasol, etc., las cuales emplean extensas áreas de terreno agrícola para su cultivo y recursos de gran importancia como el agua y la mano de obra; sin embargo, este tipo de producción tiene un bajo rendimiento. Por otro lado, la producción de biodiesel a partir de microalgas marinas ofrece más ventajas, su cultivo es a gran escala, no requieren ni de suelo fértil, ni de agua de calidad, de hecho es posible utilizar agua de mar o incluso agua residual y es, una tecnología en desarrollo y no en mano de obra. Tienen un alto rendimiento. Según estudios de laboratorio, el rendimiento de producción del biodiesel a partir de microalgas podría ser 50 veces más que el de los cultivos agrícolas. Adicionalmente, ya que éstas crecen por la absorción del CO₂, a la vez mitigan el cambio climático, por lo que resulta uno de los cultivos más amigables con el medio ambiente. Asimismo, el biodiesel obtenido no contiene sustancias tóxicas y es altamente biodegradable. Si comparamos, las propiedades físicas y químicas del Diésel N°2 (D2) con el biodiesel de microalgas (B100), encontraremos que sus propiedades tienen gran semejanza, por lo que los motores diésel convencionales no requieren ser modificados para su uso. Por otro lado, el biodiesel a partir de microalgas puede ser usado directamente como B100 o en mezclas biodiesel-diésel al 5% (B5), siendo el uso del Diésel B5 obligatorio en el Perú a partir de 01-01-2011.

3. DESARROLLO.

El objetivo principal de esta investigación es obtener Diésel B5 a escala de laboratorio para su aplicación en motores diésel en el sector energético en el Perú. El Diésel B5 se obtuvo a partir una mezcla de diésel N°2 (95%) y 5% en volumen de biodiesel de microalgas producido de cepas nannochloropsis oceánica. Estas cepas fueron suministradas por el Instituto del Mar del Perú (IMARPE). A fin de determinar los parámetros de calidad del Diésel B5 obtenido, convocamos la participación del Sector de Hidrocarburos de OSINERGMIN para la realización de las pruebas, al concluir las mismas se pudo determinar que el número de cetano fue superior a los límites establecidos en las Especificaciones Técnicas de Calidad del Diésel B5 (D.S. N° 092-2009-EM). Este elevado índice, nos asegura una excelente calidad de ignición, arranque rápido y menor ruido del motor. Las microalgas, son microorganismos unicelulares que forman la base de la cadena alimenticia en los ríos, mares y lagos (Plancton); y cuyo proceso de fotosíntesis es 30 a 40 veces más eficiente en convertir la luz solar en materia orgánica comparada con las plantas terrestres. Se han registrado más de cien mil especies de microalgas, de las cuales aproximadamente el 70% producen aceite, el cual se puede destinar a la producción de biodiesel. Dentro de ellas, destacan las especies Nannochloropsis sp., Schizochytrium sp. y Nannochloris sp., cuyo rendimiento lipídico está entre el 31 y 77 % (Chisti, 2007).

Una de las principales características de las microalgas es que se multiplican en forma continua y extremadamente rápida (exponencial), de esta manera la productividad por superficie es muy elevada. Para lograr las mejores condiciones de crecimiento y productividad de las microalgas, éstas necesitan además de CO₂ y luz solar, de algunos otros nutrientes como nitrógeno, fósforo, etc. Se ha observado que la composición de lípidos, puede ser estimulada sometiendo a las microalgas a un “stress” por limitación de algunos nutrientes en su dieta, como el suministro de nitrógeno por ejemplo. Siendo que las microalgas tienen una producción continua, se pueden recolectar durante todo el año, pudiendo ser cultivada en cualquier tipo de suelo, con agua dulce o salada y en climas muy variados. Finalmente, presentan gran capacidad para capturar CO₂, el que es su principal alimento. La producción del biodiesel obtenido a partir de microalgas marinas se realizó tomando en cuenta las tres etapas básicas de la producción de biomasa rica en lípidos, las cuales son cosecha de biomasa, extracción de lípidos y transesterificación (Fig. 1).



Fig. 1. Producción de Biodiesel

Para nuestra investigación, el Área de Biotecnología Acuática (ABA), perteneciente al Instituto del Mar del Perú (IMARPE), nos proporcionó la biomasa microalgal seca, la cual fue desarrollada a partir de plantaciones de cepas nannochloropsis oceánica en fotobioreactores tubulares (sistema cerrado). Para su cosecha se utilizaron dos técnicas de recolección eficiente y de bajo costo (centrifugación y liofilización) a fin de obtener la biomasa seca. A partir de la biomasa seca se extrajo el aceite utilizando el método de extracción de lípidos con solventes orgánicos a fin de facilitar su extracción, separación y purificación, en ésta última etapa se usó un cromatógrafo de gases. Una vez obtenido el aceite de la biomasa microalgal, éste se transforma en biodiesel mediante un proceso químico llamado transesterificación realizado con metanol (el cual ofrece ventajas físicas, químicas y de bajo costo e hidróxido potásico como catalizador (Fig.2).



Fig. 2. Proceso de Transesterificación

De esta manera hemos obtenido el Biodiesel de microalgas *Nannochloropsis* Oceánica más la glicerina (la cual tiene diferentes usos y muchos beneficios). Posteriormente el Diésel B5 se obtuvo realizando una mezcla de Diésel N°2 (95%) y 5% en volumen de Biodiesel de *nannochloropsis* oceánica (B100). Las pruebas se realizaron en coordinación con el Sector de Hidrocarburos de Osinergmin, para lo cual se utilizó un analizador espectral de combustible de alta precisión ERASPEC marca Eralytics, el cual permitió determinar las principales características del Diésel B5 obtenido (Fig. 3).



Fig. 3. Parámetros de Calidad del aceite con analizador de combustible de alta presión ERASPEC

Con relación a los parámetros de calidad de su composición; el número de cetano superó los estándares nacionales establecidos en las Especificaciones Técnicas de Calidad del Diésel B5 (D.S. N° 092-2009-EM). Los valores del número de cetano obtenidos en las dos pruebas realizadas fueron 51.8 y 51.4, encontrándose por encima de 45 (valor mínimo normado en el D.S. N° 092-2009-EM), para un valor de FAME (% de biodiesel B100 en la mezcla) de 5.76% y 5.90% respectivamente. Cabe indicar que el número de cetano corresponde a la medición de las propiedades y tiempo de ignición de un combustible; vale decir, el tiempo que transcurre entre la inyección del combustible y el inicio de su combustión. Cuanto más alto es el número de cetano, más corto es el tiempo de ignición y la combustión es de mejor calidad.

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

- La obtención de biodiesel a partir microalgas marinas, es una tecnología prometedora debido las ventajas que ofrece - en contraste con las plantas oleaginosas - Además, esta tecnología puede ser acoplada al reciclaje del CO₂ liberado en las emisiones industriales, especialmente por centrales termoeléctricas a partir de combustibles fósiles; ya que puede ser utilizado para la propia reproducción de las microalgas.
- Una ventaja adicional del biodiesel de microalgas radica en la posibilidad de obtener subproductos a partir de la biomasa microalgal residual una vez que han sido extraídos los lípidos, por otro lado la glicerina obtenida tiene diferentes usos y muchos beneficios.
- Debido a la similitud de las propiedades físicas y químicas del diésel derivado del petróleo con las del biocombustible, su uso no requiere de modificación alguna en los motores diésel convencionales, por lo que puede ser empleado en éste ya sea directamente (B100) o en mezclas biodiesel-petrodiésel (B5).

- Los resultados obtenidos demuestran que los lípidos de la microalga *nannochloropsis* oceánica se presentan como una materia prima adecuada para la producción de biodiesel. Asimismo, el Diésel B5 obtenido con un elevado índice de cetano con respecto a lo especificado en el D.S. N° 092-2009-EM, asegura una excelente calidad de ignición, arranque rápido y menor ruido del motor.
- El Diésel B5 obtenido es una gran alternativa para reemplazar los combustibles fósiles utilizados en el transporte y en la generación de energía.
- Tras la lectura de todo lo anterior podemos afirmar que el futuro de los biodiesel en el Perú está en el cultivo de microalgas marinas.
- Recomendamos el uso del Diésel B5 a partir del Biodiesel de Microalgas *Nannochloropsis* Oceánica en motores y generadores a diésel; debido a que presenta mejores propiedades.
- Se recomienda la difusión de la producción del biodiesel a partir microalgas marinas, a fin de que los agricultores destinen sus terrenos agrícolas al cultivo de productos alimenticios, más no al cultivo de semillas oleaginosas para producción de biodiesel de tal manera que obtengan mayores rendimientos y beneficios de sus cultivos.
- La tecnología de aprovechamiento de las microalgas tiene un bajo grado de madurez en el Perú, por lo que sugiere incrementar y respaldar su investigación, en vista que es un gran potencial de desarrollo. Además que es técnicamente capaz de sustituir al diésel derivado de petróleo como combustible.

5. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

1. Amaro, H. M., Guedes, A. C. y Malcata, F. X. (2011). Advances and perspectives in using microalgae to produce biodiesel. *Applied Energy* 88(10): 3402-3410.
2. Balat, M. (2011). Potential alternatives to edible oils for biodiesel production: A review. *Energy Conversion and Management*. 52(2): 1479-1492.
3. Balat, M. y Balat, H. (2010). Progress in biodiesel processing. *Applied Energy*. 87(6): 1815-1835.
4. Chisti Y (2007) Biodiesel from microalgae. *Biotechnol. Advances*. 25: 294-306.
5. Chisti Y (2008) Biodiesel from microalgae beats bioethanol. *Trends Biotechnol*. 26: 126-131.
6. Chisti, Y. (2011). Biodiesel from microalgae beats bioethanol. *Trends in Biotechnology*. 26(3): 126-131.
7. Demirbas A. (2009). Political, economic and environmental impacts of biofuels. A review. 86(2009) S 108-S 117.
8. Dismukes GC, Carrieri D, Bennette N, Ananyev GM & Posewitz MC (2008) Aquatic phototrophs: efficient alternatives to land-based crops for biofuels. *Curr. Opin. Biotechnol*. 19: 235-240.
9. Griffiths M. J., & Harrison S. T. (2009). Lipid productivity as a key characteristic for choosing algal species for biodiesel production. *J. Appl. Phycol*. 21: 493-507.

10. Knothe G. (2005). Dependence of biodiesel fuel properties on the structure of fatty acid alkyl esters. *Fuel Process. Technol.* 86: 1059-1070.
11. Liu B & Zhao Z (2007) Biodiesel production by direct methanolysis of oleaginous microbial biomass. *J. Chem. Technol. Biotechnol.* 82: 775-780.
12. Ramos M. J., Fernández C. M., Casas A., Rodríguez L., Pérez Á. (2009). Influence of fatty acid composition of raw materials on biodiesel properties. *Biores. Technol.* 100: 261-268.
13. Mata, T. M., Caetano, N. S. y Martins, A. A. (2010). Microalgae for biodiesel production and other applications: A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews.* 14(1): 217-232.
14. Meng X, Yang X, Xu X, Zhang L, Nie Q & Xian M (2009) Biodiesel production from oleaginous microorganisms. *Renewable Energy.* 34: 1-5.
15. Rodolfi L, Zittelli GC, Bassi N, Padovani G, Biondi N, Bonini G & Tredici MR (2009) Microalgae for oil: strain selection, induction of lipid synthesis and outdoor mass cultivation in a low-cost photobioreactor. *Biotechnol. Bioeng.* 102: 100-112.
16. Schenk PM, Thomas-Hall SR, Stephens E, Marx UC, Mussgnug JH, Posten C, Kruse O & Hankamer B (2008) Second generation biofuels: high-efficiency microalgae for biodiesel production. *Bioenerg. Res.* 1: 20-43.
17. Sharma YC, Singh B & Upadhyay SN (2008) Advancements in development and characterization of biodiesel: a review. *Fuel.* 87: 2355-2373.
18. Scott, S. A., Davey, M. P., Dennis, J. S. y Horst, I. 2010. Biodiesel from algae: challenges and prospects. *Current Opinion in Biotechnology.* 21(3): 277-286.
19. Song D, Fu J & Shi D (2008) Exploitation of oilbearing microalgae for biodiesel. *Chin. J. Biotech.* 24: 341-348.
20. UNESCO (2010) Tecnología y biocombustibles de Segunda Generación, 37-40.
21. Vasudevan PT & Briggs M (2008) Biodiesel production – current state of the art and challenges. *J. Ind. Microbiol. Biotechnol.* 35: 421-430.

Autor: Ing. Víctor Dioses Aponte

Edición: Bach. Denisse Salazar, Responsable de Medios e Imagen Institucional