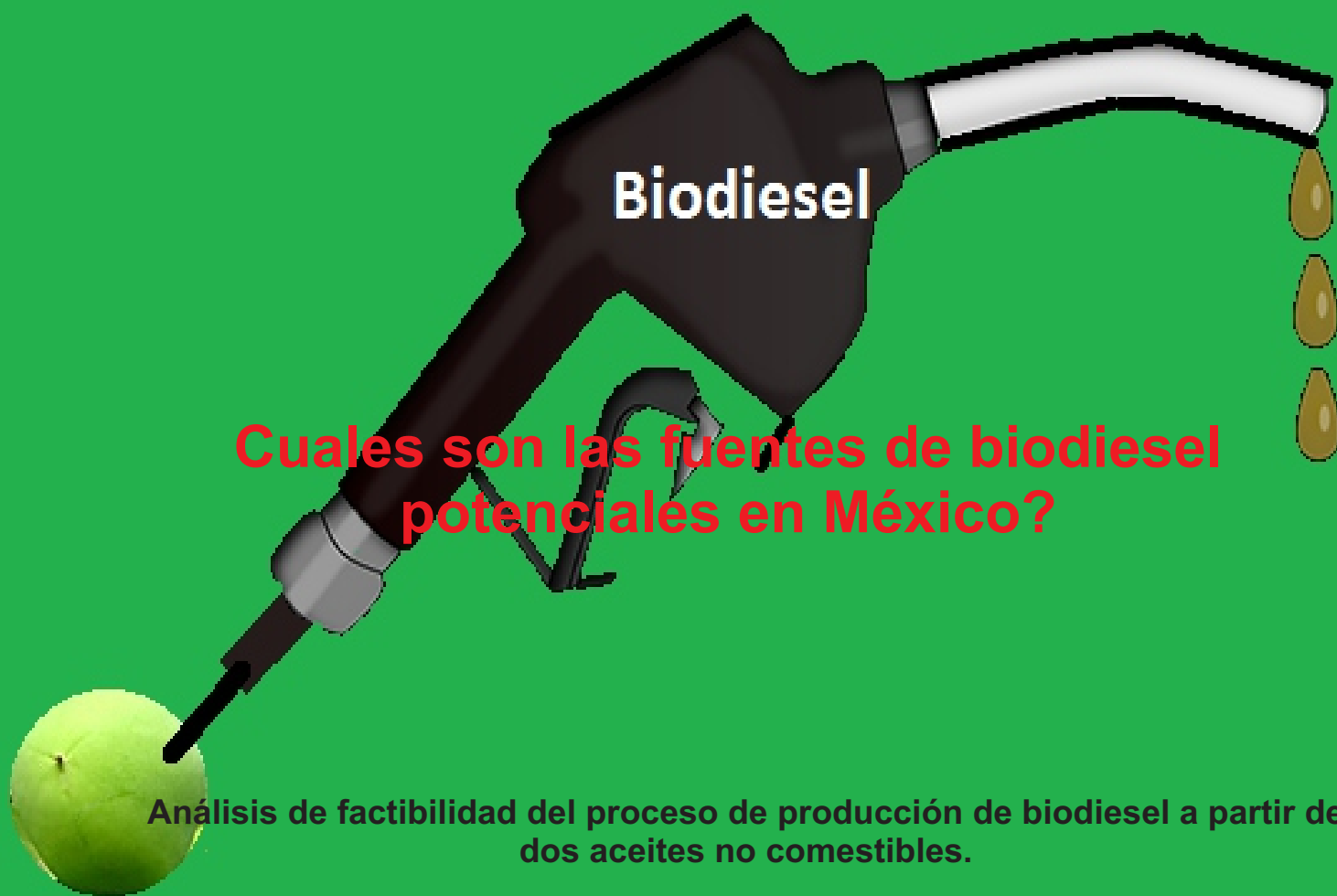




PCTI

Revista Científica de Divulgación, Publicación cuatrimestral



Cuales son las fuentes de biodiesel potenciales en México?

Análisis de factibilidad del proceso de producción de biodiesel a partir de dos aceites no comestibles.

Niveles de proteína en dietas balanceadas para pre-adultos de *Macrobrachium tenellum*.

Efecto de Actipal Shrimp SL8® en la sobrevivencia, crecimiento y conversión alimenticia del camarón blanco *Litopenaeus vannamei*.

Producción de biodiesel de grasa láctea residual de LICONSA.



DIRECTORIO

DIRECTOR GENERAL Y EDITOR

Dr. Héctor Nolasco Soria
 hnolasco@pcti.mx
 hnolasco2008@hotmail.com
 pctihnolasco@gmail.com

SUSCRIPCIONES Y CIRCULACIÓN

M.en C. Laura Patricia Alzaga Mayagoitia
 lauraalzaga@hotmail.com

COMITÉ REVISOR

Dr. Fernando Vega Villasante
 Universidad de Guadalajara

Dra. Olimpia Carrillo Farnés
 Universidad de La Habana

M.enC. Laura Alzaga Mayagoitia
 INTERCACTI

M.en C. Miguel Ánges Salas Marrón
 ASICADES

OFICINAS

Guasinapí No. 180, Esq. Aquiles Serdán
 Col. Guaycura
 La Paz, Baja California Sur
 México, 23090
 Tel: (612) 124 02 45

La AMECTIAC se distingue de las organizaciones científicas y tecnológicas de México por su misión altruista declarada, su organización territorial en redes de colaboración y su sensibilidad en el reconocimiento de las necesidades y expectativas de desarrollo local, regional y nacional vinculadas con la actividad científica, tecnológica y de innovación. Sus integrantes son personas de reconocida experiencia en el sector educativo, científico, tecnológico e industrial, con una clara vocación de servicio a la sociedad.

DIRECTORIO

Dr. Héctor Gerardo Nolasco Soria
 PRESIDENTE
 hnolascopresidente@amectiac.mx

M. en C. Antonio Hoy Manzanilla
 VICEPRESIDENTE
 ahoyvicepresidente@amectiac.mx

Dra. Amy Arellano Huacuja
 SECRETARIA
 aarellanosecretaria@amectiac.mx

Dr. Hiram Medrano Roldán
 TESORERO Y DIRECTOR DE ADMISIÓN Y MEMBRESIA
 hiramtesorero@amectiac.mx

Dr. Roberto Villers Aispuro
 DIRECTOR DE COORDINACIONES REGIONALES Y PROYECTOS
 ESTRATÉGICOS
 rvillersdproyectos@amectiac.mx

Dr. Filiberto Adrián Moreno Mata
 DIRECTOR DE VIGILANCIA
 amatadvigilancia@amectiac.mx

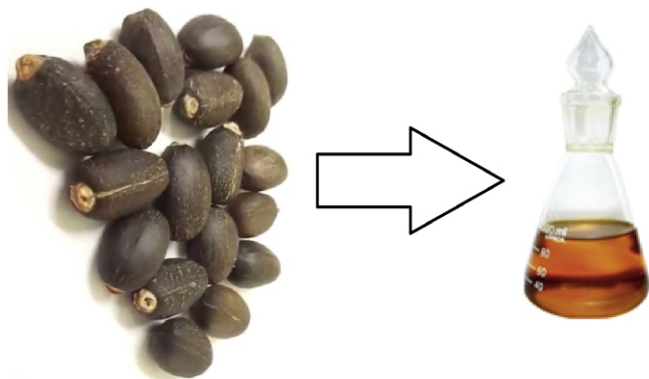
www.amectiac.mx

CONTENIDO

Página

Análisis de factibilidad del proceso de producción de biodiesel a partir de dos aceites no comestibles	1
Niveles de proteína en dietas balanceadas para pre-adultos de <i>Macrobrachium tenellum</i>	5
Efecto de Actipal Shrimp SL8® en la sobrevivencia, crecimiento y conversión alimenticia del camarón blanco <i>Litopenaeus vannamei</i>	9
Producción de biodiesel de grasa láctea residual de LICONSA	13

CIENCIA, TECNOLOGÍA E INNOVACIÓN PARA EL DESARROLLO DE MÉXICO, es una publicación cuatrimestral editada por Héctor Gerardo Nolasco Soria, Director General del Programa de Ciencia, Tecnología e Innovación para el Desarrollo de México, Guasinapí No. 180, esq. Aquiles Serdán, Col. Guaycura, La Paz, Baja California Sur, 23090, México, Tel. 612 124 02 45, <http://pcti.mx>, hnolasco2008@hotmail.com, Editor Responsable: Héctor Nolasco Soria. Reserva de Derechos al uso exclusivo No. 04-2010-052411265700-102, ISSN 2007-1310. Responsable de la última actualización de este número, Dr. Héctor Nolasco Soria, Guasinapí No. 180, esq. Aquiles Serdán, Col. Guaycura, La Paz, Baja California Sur, 23090, México, Tel. 612 124 02 45, fecha de la última modificación 30 de agosto de 2015. Las opiniones expresadas por los autores no necesariamente reflejan la postura del Editor de la Publicación. La información, imágenes, opinión y análisis contenidos en esta publicación son responsabilidad de los autores.



Análisis de factibilidad del proceso de producción de biodiesel a partir de dos aceites no comestibles

D. Alvarez-Barrera¹, J.G. Segovia-Hernández², A.J. Castro-Montoya¹, R. Maya-Yescas¹, J. Lara-Romero¹ y M.C. Chávez-Parga^{1*}

¹Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Facultad de Ingeniería Química;

²Universidad de Guanajuato, Departamento de Ciencias Naturales y Exactas, carmen_pchavez@yahoo.com

Abstract

Palabras clave: transesterificación, SuperPro Designer®, evaluación técnico-económica, biodiesel, simulación.

The evaluation of the technical and economic feasibility of biodiesel production using inedible oils such as those obtained from the seeds of *Jatropha curcas* or castor has been evaluated in the present investigation, using the simulator Super Pro Designer 7.5 ©, to analyze the design and maintenance of a biodiesel production plant considering the ratio of energy produced against consumed and the production costs of this process. The results of the simulations show that the production of biodiesel is improved with the use of *Jatropha* oil in an alkaline catalytic medium, with potassium hydroxide, and catalyst recirculation after separation, with technical and economic advantages compared to other production alternatives.

Keywords: transesterification, SuperPro Designer®, technical and economic evaluation, biodiesel, simulation.

Resumen

La evaluación de la factibilidad técnico-económica de la producción de biodiesel por medio de aceites no comestibles tales como los obtenidos de las semillas de *Jatropha curcas* o higuera ha sido evaluada en el presente trabajo de investigación, utilizando el simulador Super Pro Designer 7.5© con el fin de analizar el diseño y mantenimiento de una planta productora de biodiesel, considerando la relación de energía producida contra consumida y los costos de producción de este proceso. Los resultados obtenidos de las simulaciones muestran que la producción de biodiesel es mejorada con el uso de aceite de *Jatropha curcas* en un medio catalítico básico con hidróxido de potasio y con recirculación de catalizador después de su separación, con ventajas técnicas y económicas en comparación con otras alternativas de producción.

Área temática: Área 7: Ingenierías

Problemática

La problemática se refiere al suelo cultivable no aprovechado en México, aunado a los problemas ocasionados por el daño ambiental y el progresivo agotamiento de las fuentes de petróleo que demandan, a la brevedad posible, el incremento de alternativas energéticas que permitan continuar con las actividades cotidianas de la sociedad de manera sustentable y económica.

Usuarios

Las dependencias federales como la Secretaría de Energía (SENER), la Secretaría de Economía (SE), la Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), las personas dedicadas a las actividades agrícolas y/o que utilicen maquinaria pesada, que puedan disminuir el costo de combustible con la transformación de aceites, no comestibles y tóxicos, en biodiesel.

Proyecto

Los biocombustibles representan en la actualidad una alternativa energética amigable con el ambiente, dada su naturaleza renovable, reduciendo así la degradación ambiental (Gerpen y

Shresta, 2005). Entre estas alternativas energéticas se encuentra el biodiesel, el cual es un biocombustible sintético en estado líquido obtenido a partir de lípidos naturales, como aceites vegetales o grasas naturales, a través de procesos industriales de esterificación y transesterificación y ha sido utilizado como sustituto parcial o total del diésel obtenido del petróleo (Fukuda y Kondo 2001).

El objetivo del presente trabajo fue evaluar técnica y económicamente la producción de biodiesel a partir de aceites vegetales de *Jatropha curcas* o de higuera. Se considera que la oferta y demanda de combustibles en México abre la posibilidad de que los aceites obtenidos de las citadas especies puedan ser utilizadas como una fuente energética, técnica y económicamente atractiva. En 2010, la producción de aceite vegetal en México fue de 9.38x10⁶ kg provenientes principalmente de soya (39%), colza (57%), cártamo (2.5%), ajonjolí (1%) y girasol (0.5%); sin embargo, los aceites antes mencionados no tienen disponibilidad para la producción de biodiesel, excepto en casos de producción excesiva de ellos y baja demanda para uso alimenticio (ANAIME 2013).

Los procesos estudiados fueron simulados para ambas materias primas considerando un proceso continuo, en un medio catalítico básico para la reacción de transesterificación (utilizando hidróxido de potasio como catalizador) y para una capacidad de producción de 4605 l/h, tomando este dato como promedio de producción anual de varias plantas ya establecidas en Europa (EBB 2011). El proceso es dividido en varias etapas que incluyen la extracción mecánica de aceite, transesterificación, purificación de la fase ligera y purificación de la fase pesada. Las reacciones se llevaron a cabo con diferentes concentraciones molares de metanol/aceite (8/1 para la *Jatropha* y 29/1 para la higuera), así como una relación de NaOH al 1% (p/p). Este catalizador fue elegido debido a su alto rendimiento, tiempo corto de reacción y baja temperatura para ambas materias primas (aceite de *Jatropha* y aceite de higuera) como ha sido demostrado por Meneghetti y col. (2006a) y Bechmans y col. (2008). La factibilidad de instalación del proceso fue evaluada mediante el balance energético del reporte de servicios de Super

Pro Designer® obtenido de cada simulación después de realizar los pertinentes análisis de varianzas, donde se aseguró que la cantidad de energía producida excediera el flujo de energía consumida. El método propuesto por Guthrie (1969) y retomado por Jiménez (2003), fue utilizado para determinar las variables económicas específicas tales como tasa de retorno (ROI), costo unitario de producto (PUC) y tiempo de recuperación de capital (PT). Dichas variables permiten un acercamiento a la inversión inicial del proceso de producción de biodiesel para cada una de las materias primas consideradas en este estudio y se definen como:

$$ROI = \frac{\text{Utilidad neta}}{\text{Inversión total de capital}}$$

$$PT = \frac{1}{ROI}$$

$$PUC = \frac{\text{Ingresos totales} - \text{Costo de subproductos}}{\text{Flujo de producto principal}}$$

Para obtener el balance energético, una vez simulados los casos de estudio, los rendimientos energéticos y su relación con la energía consumida durante la transformación de estas semillas fueron analizados tomando en cuenta la capacidad de combustión del biodiesel (38,900 KJ/Kg), el cual es un promedio entre los límites superior e inferior reportados en la literatura para diferentes materias primas (Meneghetti et al 2006b) y el biodiesel producido, que es una función de las materias primas. Estos valores fueron comparados con la finalidad de evitar relaciones de energía producida contra consumida menores a 1. Una vez realizadas las simulaciones, los reportes energéticos de Super Pro Designer 7.5 ® mostraron un notable cambio en las relaciones de energía producida contra energía consumida al pasar de una materia prima a otra, mientras que la diferencia entre procesos al trabajar con diferentes destinos para el catalizador (con y sin recirculación) fue menor. El comparativo de las cuatro alternativas de producción puede verse en la figura 1. Como se puede observar, existe una diferencia significativa entre los procesos utilizando las materias primas analizadas. Esta diferencia puede explicarse con el análisis de las operaciones unitarias propuestas y las relaciones de metanol utilizadas en

la reacción, dado que el mayor consumo energético del proceso lo tienen las operaciones de destilación para separación del metanol no reaccionante. En el caso de la higuierilla, la relación molar de metanol/aceite usada es aproximadamente 3 veces mayor que la utilizada con la *Jatropha*, por lo que la cantidad de energía requerida para su separación incrementa las relaciones mostradas en la figura 1. Dicha relación molar de alcohol puede disminuir dependiendo de las propiedades fisicoquímicas del aceite examinado (Frolich y Rice 2005).

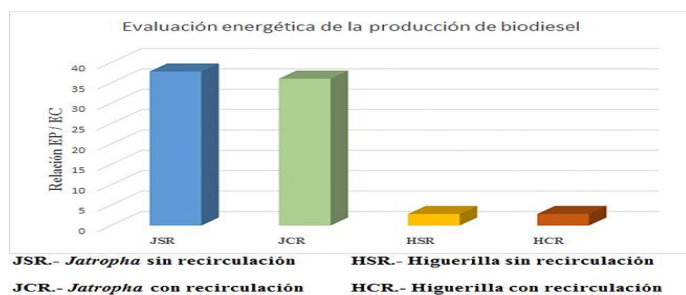


Figura 1. Balance energético de los procesos de producción de biodiesel a partir de aceite de *Jatropha curcas* y aceite de higuierilla.

El eje de las ordenadas indica la relación de energía producida (EP)/energía consumida (EC). En el eje de las abscisas están los tratamientos con y sin recirculación del catalizador (NaOH).

Por su parte, los resultados del estudio económico, obtenidos a partir del reporte económico de Super Pro Designer 7.5®, incluyen la comparación de la tasa de retorno, tiempo de recuperación de capital y costo unitario de producto (Figura 2). Los resultados indican un claro decremento en las variables económicas al cambiar la materia prima, que se alimenta al proceso. Dicha baja puede ser atribuida principalmente a la cantidad de alcohol utilizada para ambas materias primas, el precio de cada una de ellas y el volumen de los equipos necesario para la purificación de las fases que salen del reactor. A pesar de estas diferencias, dicho proceso sigue siendo económicamente más viable que el estudiado para otras materias primas (Apostolakou et al 2009). El impacto del escalamiento del flujo de semilla alimentado al proceso en las variables económicas principales es mostrado en la figura 3. Con la finalidad de reducir los costos de producción de biodiesel, una primera etapa de pretratamiento (refinación de aceite) puede ser

realizada con catálisis heterogénea (Xiaolin et al 2003), aunque Zhang y col. (2006) sostienen que este pretratamiento representa un incremento en los costos de producción.

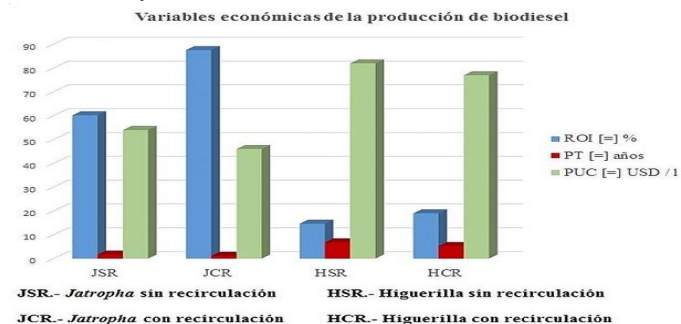


Figura 2. Análisis económico de la producción de biodiesel obtenido a través de la simulación de los procesos a partir de semillas de *Jatropha curcas* y aceite de higuierilla. ROI= (%). SP = (centavos de dólar/1). PT = (años). JCR y JSR proceso de aceite de *Jatropha curcas* con recirculación de catalizador y sin recirculación de catalizador, respectivamente. HCR y HSR proceso de aceite de higuierilla con recirculación de catalizador y sin recirculación de catalizador, respectivamente.

En conclusión, es posible producir biodiesel a través de la transesterificación de aceites de *Jatropha curcas* e higuierilla y que dichos procesos son energética y económicamente favorables. El uso de Super Pro Designer 7.5® permitió un análisis integral del proceso de producción de biodiesel considerando factores contables e impuestos, mano de obra, servicios y costos de instalación y mantenimiento de los equipos. Estas simulaciones muestran también que la instalación de un sistema de producción de biodiesel en los estados más áridos de México utilizando *Jatropha curcas* como materia prima es económicamente viable para capacidades de alimentación a partir de 2 toneladas de semilla por hora y que los costos obtenidos pueden equipararse al costo actual de diésel.

Impacto socioeconómico

Según datos presentados por la Secretaría de Energía (SENER, 2012), el consumo energético total de México es de

Ciencia, Tecnología e Innovación para el Desarrollo de México

aproximadamente 3,547.33 petajoules por año, de los cuales 102.65 pertenecen al bagazo de caña, 247.22 a la leña, 431.63 al gas LP, 1246.5 a las gasolinas y nafta, 145.36 al queroseno, 619.72 al diesel, 143.33 al combustóleo y 611.13 a electricidad. Si toda esta energía producida por el gasóleo fuera sustituida con la energía producida del biodiesel de *Jatropha curcas*, la producción anual de este biocombustible requeriría del procesamiento de 2,973.39 toneladas de esta semilla por hora. Esto indica que el área necesaria de cultivo de esta planta que satisfaga la demanda total anual de diésel en México es de 47,098.61 km² incrementando así la superficie cultivada desde un 16% hasta un 18.62% generando con ello fuentes de empleo y mayor aprovechamiento de los recursos naturales. Desafortunadamente, la superficie sembrada reportada actual de *Jatropha* en México asciende a un total de 2850 Ha divididas principalmente en los estados de Quintana Roo (400 Ha) y Yucatán (2450 Ha) (SIAP, 2012). Sin embargo, las condiciones climáticas y ubicación geográfica de este país permiten que el potencial productivo de ambas materias primas alcance un valor total de 12,707,673 Ha distribuidas en los diferentes estados mostrados en la tabla 1 (Bioenergéticos, 2012).

Tabla 1. Potencia productiva de los estados de México para el cultivo de <i>Jatropha</i> e <i>Higuerilla</i> y su contribución al potencial total				
Estado	Potencial productivo [=] Ha de contribución a la superficie total		Potencial productivo [=] Ha de contribución a la superficie total	
	<i>Jatropha</i>	<i>Higuerilla</i>	<i>Jatropha</i>	<i>Higuerilla</i>
Aguascalientes		212130.2		2.062
Baja California norte	9154.5		0.378	0
Baja California sur		626.8		0.006
Campeche	17148.7	146838.2	0.709	1.427
Chiapas	182411.3	332797.3	7.538	3.235
Chihuahua	11531	244083.6	0.476	2.373
Coahuila	41185.6	236542.7	1.702	2.299
Colima	31522.2	114112	1.303	1.109
Distrito Federal		8357.6		0.081
Durango	12526.3	583072.2	0.518	5.668
Guanajuato		545168.5		5.299
Guerrero	322091.7	419874	13.31	4.081
Hidalgo	2480.3	170600.4	0.102	1.658
Jalisco	121584.1	1058435	5.024	10.29
México	9080.5	131454.1	0.375	1.278
Michoacan	94440.4	446852	3.903	4.344
Morelos	52364.5	82574.6	2.164	0.803
Nayarit	77428	350096.2	3.2	3.403
Nuevo Leon	106012.4	472241.9	4.381	4.59
Oaxaca	181634.6	370588.5	7.506	3.602
Puebla	37746.2	337394.7	1.56	3.28
Queretaro	1554.4	116161.8	0.064	1.129
Quintana Roo	134.3	45843.9	0.006	0.446
San Luis Potosí	74751	348137.7	3.089	3.384
Sinaloa	293246.6	705356.3	12.12	6.856
Sonora	47808.8	240519.8	1.976	2.338
Tamaulipas	311148	911372.2	12.86	8.859
Tlaxcala		33348.4		0.324
Veracruz	377491.1	440315.8	15.6	4.28
Yucatan	2309	231115.8	0.095	2.247
Zacatecas	1201.8	951673.5	0.05	9.251

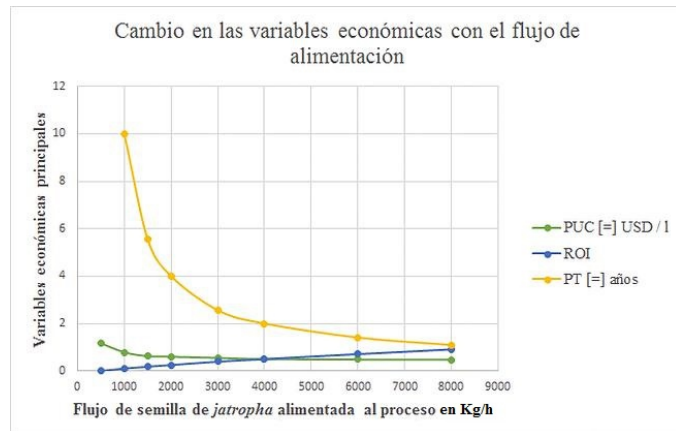


Figura 3. Flujo de alimentación de materia prima en Kg/h, en el proceso de producción de biodiesel a partir de semillas de *Jatropha curcas* y su relación con las variables económicas. ROI= (%). SP = (centavos de dólar/1). PT = (años).

Referencias

- Berchmans H, Shizuko H. 2008. Biodiesel production from crude *Jatropha Curcas* L. seed oil with a high content of free fatty acids. *Bioresource Technology* 99, 1716-1721.
- Jiménez G. 2003. *Diseño de procesos en ingeniería química*. Ed. Reverte, México. Pp. 40-50
- Meneghetti S, Meneghetti R, Wolf C. 2006. Biodiesel from castor oil: a comparison of ethanolsis versus methanolsis. *Energy & Fuels* 20, 2262-2265.
- Meneghetti S, Meneghetti R, Wolf C, Silva C, Gilban C, Lima M, Soleti J, Carvalho S. 2006. Ethanolsis of castor and cottonseed oil: A systematic study using classical catalysts. *Energy & Fuels* 83, 819-822.
- Xiaoling M, Qingyu W. 2006. Biodiesel production from heterotrophic microalgal oil. *Bioresource Technology* 97, 841-846.
- Zhang Y, Dube M, McLean D, Kates M. 2003. Biodiesel production from waste cooking oil. *Bioresource Technology* 89, 1-16.
- Gerpen J, Shresta D. 2005. Biodiesel Energy Balance. Department of biological and agricultural Engineering, University of Idaho.
- Fukuda H, Kondo A. 2001. Biodiesel fuel production by transesterification of oils. *Journal of Bioscience and Bioengineering* 92, 405-416.
- ANAIME.- Asociación Nacional de Industriales de Aceites y Mantecas Comestibles A.C. (<http://www.aniami.com/Consultado:Agosto2013>)
- EBB.- European Biodiesel Board (<http://www.ebb-eu.org/Consultado:Agosto,2013>) Guthrie K. 1969. Capital Cost Estimating. *Chemical Engineering*. Pp. 114.
- Apostolakou A, Marazioti C, Kookos A. 2009. Techno-economic analysis of a biodiesel production process from vegetable oils. *Fuel Processing Technology* 90, 1023-1031.
- Fröhlich A, Rice B. 2005. Evaluation of Camelina Sativa oil as a feedstock for biodiesel production. *Industrial Crops and Products* 21, 25-31.
- <http://www.sener.gob.mx/Consultado:Marzo de 2013>
- http://www.bioenergéticos.gob.mx/images/stories/mapas-potencial/121_121-higuerilla.pdf Consultado: agosto de 2013.





Niveles de proteína en dietas balanceadas para pre-adultos de *Macrobrachium tenellum*

¹Daniel Espinosa-Chaurand, ¹Fernando Vega-Villasante, ²Héctor Nolasco Soria y ³Olimpia Carrillo-Farnés

¹Universidad de Guadalajara, Lab. de Acuicultura Experimental, CUCosta, ²Centro de investigaciones Biológicas del Noroeste, S.C.

³Universidad de la Habana, Cuba. mcespinosachaurand@gmail.com

Abstract

The objective was to evaluate for 60 days the effect of five concentrations of protein in balanced diets (20, 25, 30, 35 and 40% CP) on the growth and survival of pre-adult *M. tenellum*. No significant difference in survival between treatments, the average was $80.00 \pm 6.67\%$. At the same time no evidence was found to suggest that the increase in the percentage of crude protein inclusion promotes growth of organisms in experimentation. Under the experimental conditions raised, pre-adult organisms of this species there is no difference in growth by the inclusion level of dietary protein, suggesting that the protein requirement indicated for this stage is 25% of PC.

Keywords: *Macrobrachium*, protein, diets, pre-adult.

Resumen

El objetivo fue evaluar por 60 días el efecto de cinco concentraciones de proteína en dietas balanceadas (20, 25, 30, 35 y 40 % de PC) sobre el crecimiento y sobrevivencia de pre-adultos de *M. tenellum*. No existieron diferencias significativas en la sobrevivencia entre tratamientos, su promedio fue de $80.00 \pm 6.67\%$. A su vez no se encontraron evidencias que sugieran que el incremento en el porcentaje de inclusión de proteína cruda favorezca el crecimiento de los organismos en experimentación. Bajo las condiciones experimentales planteadas, en organismos pre-adultos de esta especie no existe diferencia en el crecimiento por el nivel de inclusión de proteína en la dieta, sugiriéndose que el requerimiento proteico indicado para esta etapa es de 25% de PC.

Palabras clave: *Macrobrachium*, nivel de proteína, alimentos, pre-adultos.

Área temática: Área 6. Biotecnología y Ciencias Agropecuarias.

Problemática

El langostino *Macrobrachium tenellum* (Fig. 1) tiene un enorme potencial socioeconómico al representar una alternativa para la obtención de proteína de alta calidad y bajo costo para las comunidades rurales, así como una oportunidad altamente viable para la industria de productos alimentarios acuáticos de alto valor agregado. Sin embargo, existe poca información concerniente a su nutrición y a los factores que la afectan. La falta de esta información se refleja más concretamente en el desconocimiento de sus requerimientos proteicos y el funcionamiento digestivo del organismo. El primer factor a considerar, para la aproximación a los requerimientos nutricionales de una especie, es la proteína que necesita el organismo para su crecimiento, ya que la proteína constituye el más importante nutriente, el mayor componente y usualmente el más caro ingrediente en las dietas artificiales (Behanan y Mathew, 2004). El éxito de los cultivos comerciales recae, en buena medida, en la necesidad de desarrollar dietas artificiales que sean de bajo costo, permitan un buen crecimiento, supervivencia y eficiencia alimenticia, y contribuyan a reducir la contaminación ambiental (Bureau y Viana, 2003).

Usuarios

Dependencias federales como la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA), Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), Secretaría de Desarrollo Social (SEDESOL). Productores, grupos comunitarios, empresas y dependencias gubernamentales estatales y municipales interesados en desarrollar la acuicultura de esta especie, así como biólogos e investigadores interesados en la biología y nutrición de crustáceos.

Proyecto

El objetivo del presente trabajo fue evaluar el efecto de cinco concentraciones de proteína en dietas balanceadas sobre el crecimiento y sobrevivencia de pre-adultos de *M. tenellum* (Fig. 1).



Figura 1. El langostino *Macrobrachium tenellum*

Las pruebas consistieron en la alimentación por 60 días con cinco dietas experimentales con diferentes niveles de proteína cruda (20, 25, 30, 35 y 40 % de PC). Se utilizaron organismos de peso promedio de 3.17 ± 0.10 gr y 64.09 ± 0.66 mm, que fueron distribuidos al azar en 15 unidades experimentales de 70 L (15 org/UE). Todas las UE se mantuvieron con aguas claras a través de filtros de cascada y bajo

condiciones controladas de oxígeno (5.00 ± 0.26 ppm), temperatura (28.0 ± 1.5 °C), pH (7.8 ± 0.4) y fotoperiodo (12:12 luz:oscuridad). Previo al inicio de la evaluación se sometieron a los langostinos a una semana de acondicionamiento, en la cual se fue sustituyendo la dieta de mantenimiento (30% de PC) por cada una de las dietas experimentales correspondientes, hasta llegar al 100% de cada una de ellas. Cada tratamiento se evaluó por triplicado. Los langostinos fueron alimentados una vez al día con el 10% de su peso vivo para asegurar la saciedad (14:00 hrs). Las dietas experimentales se elaboraron con harina de pescado y harina de soya como fuentes principales de proteína. Todas las dietas se formularon con 8.07 ± 0.25 % de lípidos, 4.42 ± 0.08 kcal y menos del 1% de fibra cruda. Las dietas experimentales y sus análisis químicos proximales se muestran en la Tabla 1. Las dietas fueron posteriormente almacenadas en refrigeración a -4 °C hasta su uso.

Tabla 1. Ingredientes y composición proximal de los alimentos formulados (g/100 g de peso seco).					
Ingredientes (g/100 g)	Nivel de proteína en los alimentos experimentales				
	20%	25%	30%	35%	40%
Harina integral trigo	38	38	38	38	35.09
Almidón de maíz	27.18	19.82	12.47	5.11	0
Pasta de Soya	10	10	10	10	10
Harina de pescado	9.11	16.82	24.58	32.31	40.67
Aceite de hígado de bacalao	5.71	5.33	4.96	4.58	4.24
Harina de calamar	5	5	5	5	5
Premezcla mineral crustáceos ^a	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5
Carbonato de calcio	1	1	1	1	1
Lecitina de soya	1	1	1	1	1
Premezcla vitamina crustáceos ^b	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3
Vitamina C	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
Cloruro de colina	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
Composición proximal real (g/100 g en peso seco)					
Proteína cruda (Nx6.25)	20.79±0.27	26.41±0.04	32.01±0.16	37.63±0.19	42.55±0.23
Lípidos totales	7.89±0.12	7.86±0.13	8.15±0.07	7.99±0.04	8.47±0.10
Fibra cruda	0.67±0.06	0.43±0.03	0.47±0.05	0.36±0.06	0.34±0.06
Cenizas	6.55±0.04	7.84±0.05	9.04±0.02	10.52±0.02	11.73±0.01
Extracto libre nitrógeno ^c	64.11	57.46	50.32	43.5	36.91
Energía (Kcal g ⁻¹)	4.36±0.03	4.42±0.01	4.55±0.02	4.42±0.03	4.34±0.03
^a g/200g premezcla mineral: KCl, 28.57; MgSO ₄ ·7H ₂ O, 28.57; ZnSO ₄ ·7H ₂ O, 5.14; MnCl ₂ ·4H ₂ O, 1.34; CuSO ₄ ·5H ₂ O, 0.29; KI, 0.29; CoCl ₂ ·2H ₂ O, 0.14; Na ₂ HPO ₄ , 135.43.					
^b g/900g premezcla de vitaminas: Vitamina A acetato, 100000 UI; Vitamina D ₃ , 850 UI; Acetato di-alfa-tocoferol 2000 UI; menadiona, 2; tiamina-HCl, 0.5; nirovitamina (B ₆), 3; piridoxina HCl (B ₆), 1; DL-Ca-pantotenato, 5; ácido nicotínico, 5; biotina, 0.05; inositol, 5; Vitamina B ₁₂ , 0.002; ácido fólico, 0.18.					
^c Extracto libre de nitrógeno = 100 - (% proteína cruda + % lípidos totales + % fibra cruda + % cenizas).					

Los parámetros de crecimiento calculados fueron el cambio de peso (Peso final – Peso inicial; g/org/60días), cambio de talla (Talla final – Talla inicial; mm/org/60días), Porcentaje incremento de

talla (IT= [(Talla final – Talla inicial) / Talla inicial] * 100; %), Porcentaje de Incremento de Peso (IP= [(Peso final – Peso inicial) / Peso inicial] * 100; %), tasa de crecimiento específico (TCE= [(Ln Peso final – Ln Peso inicial) / días bioensayo] X 100), el consumo total de alimento (CT=Alimento proporcionado – alimento no consumido; g/org/60días), la tasa de eficiencia proteica (TEP=Incremento en peso / Proteína consumida), el factor de conversión alimenticia (FCA=Alimento proporcionado / Incremento en peso) y la supervivencia (S= 100 - (org. inicio – org. final / org. inicio) X 100; %). Para lo cual se pesaron (balanza digital Scout pro OHAUS®)

todos los organismos al inicio y final del bioensayo. A los datos se les aplicó un análisis de varianza (ANOVA) de una vía para cada caso, previas pruebas de normalidad (Kolmogorov-Smirnov, $\alpha=0.05$) y homocedasticidad (Bartlett, $\alpha=0.05$). Para conocer cuales tratamientos son significativamente diferentes se utilizó el método de comparaciones múltiples de Tukey ($p<0.05$). Todas las pruebas se realizaron mediante el software estadístico Sigmasat V3.1 (2004).

En la Tabla 2 se muestran los resultados obtenidos para todos los parámetros. No existieron diferencias significativas en la supervivencia entre

Tabla 2. Parámetros de crecimiento y supervivencia de preadultos de *M. tenellum* alimentados con cinco

Tratamiento	20% PC	25% PC	30% PC	35% PC	40% PC
Parámetro					
Sobrevivencia (%)	73.33±23.09 ^a	73.33±30.55 ^a	86.67±23.09 ^a	86.67±23.09 ^a	80.00±20.00 ^a
Peso inicial (g/org)	3.03±0.21 ^a	3.32±0.14 ^a	3.19±0.12 ^a	3.15±0.30 ^a	3.17±0.15 ^a
Peso final (g/org)	4.11±0.06 ^a	4.59±0.27 ^a	4.55±0.18 ^a	4.40±0.41 ^a	4.44±0.15 ^a
Cambio de peso (g/org/60 días)	1.08±0.21 ^a	1.28±0.23 ^a	1.36±0.09 ^a	1.25±0.24 ^a	1.27±0.01 ^a
Incremento de peso (IP; %)	36.06±9.49 ^a	38.55±7.12 ^a	42.65±2.38 ^a	39.74±8.38 ^a	40.11±2.16 ^a
Tasa de crecimiento específico (TCE)	0.51±0.12 ^a	0.54±0.08 ^a	0.59±0.03 ^a	0.56±0.10 ^a	0.56±0.03 ^a
Talla inicial (mm/org)	63.80±1.06 ^a	64.93±0.81 ^a	64.47±1.70 ^a	64.07±3.06 ^a	63.20±0.87 ^a
Talla final (mm/org)	66.90±0.85 ^a	69.08±0.93 ^a	67.17±1.58 ^a	67.90±2.69 ^a	66.97±0.49 ^a
Cambio de talla (mm/org/60 días d)	3.10±0.30 ^a	4.15±0.85 ^a	2.70±0.30 ^a	3.83±0.97 ^a	3.77±0.75 ^a
Incremento de talla (IT; %)	4.86±0.54 ^a	6.40±1.35 ^a	4.19±0.53 ^a	6.02±1.73 ^a	5.97±1.25 ^a
Consumo total (CT; g/org/60 días)	12.93±2.00 ^b	12.12±1.32 ^b	9.87±1.53 ^{ab}	9.70±0.31 ^{ab}	8.09±0.72 ^a
Factor de conversión alimenticia (FCA)	12.03±0.70 ^c	9.62±1.28 ^{bc}	7.32±1.59 ^{ab}	7.94±1.34 ^{ab}	6.38±0.56 ^a
Eficiencia del factor de conversión (EFC, %)	8.33±0.50 ^a	10.53±1.52 ^a	14.05±2.72 ^a	12.84±2.18 ^a	15.76±1.4 ^a
Tasa eficiencia proteica (TEP)	0.42±0.02 ^a	0.42±0.06 ^a	0.47±0.09 ^a	0.37±0.06 ^a	0.39±0.04 ^a

Los valores corresponden a las medias ± la desviación estándar. Los superíndices por fila muestran diferencias estadísticamente significativas por tratamiento ($p<0.05$).

tratamientos, su promedio fue de $80.00 \pm 6.67\%$. En sistemas de cultivo experimental de langostinos alimentados con 35-40% de PC, tanto en *M. rosenbergii* como en *M. tenellum*, se han reportado sobrevivencias del 70 a 90% (Coelho-Emerenciano y Massamitu-Furuya, 2006; Kabir et al., 2008; Vega-Villasante et al., 2011b), este intervalo es tomado como “aparentemente normal” dentro del cultivo de langostinos dulceacuícolas. No existieron diferencias estadísticas ($p > 0.05$) entre los tratamientos para los parámetros de crecimiento en peso y talla final, cambio de peso y talla, IP, IT y TCE.

En el presente estudio no se encontraron evidencias que sugieran que el incremento en el porcentaje de inclusión de proteína cruda favorezca el crecimiento de los organismos en experimentación. Guzmán-Arroyo (1987) y Vega-Villasante et al. (2011) mencionan para *M. tenellum* que los adultos tienden a disminuir su requerimiento proteico y que este no debe sobrepasar de 29% de PC, lo cual concuerda con los requerimientos proteicos de adultos de otras especies de langostino y otros crustáceos. Teniendo en cuenta lo antes mencionado y los resultados del presente trabajo, se puede mencionar que no se justificaría dar un nivel elevado de proteína si se puede abaratar los costos y obtener buenos resultados con niveles proteicos menores. Los mejores resultados promedio para el cambio de peso y talla final (1.28 ± 0.23 g/org/60 días y 4.15 ± 0.85 mm/org/60 días), IT (6.40 ± 1.35 %), IP (38.55 ± 7.12 %) y TCE (0.54 ± 0.08) fueron para los organismos alimentados con 25 % de PC, lo cual coincide con resultados obtenidos en *M. rosenbergii* en los que se señala que este nivel de proteína es el óptimo para su crecimiento (Stanley y Moore, 1983). De igual manera, Merirros et al. (2007) en la proyección de costos al evaluar dietas formuladas con diferente contenido proteico para *M. rosenbergii*, consideran como la mejor dieta la que contenía el 25 % de PC al presentar un ahorro del 55 % sobre el empleo de una dieta con 35 % de PC. Bajo las condiciones experimentales planteadas, en organismos pre-adultos de esta especie, no existe diferencia en el crecimiento por el nivel de inclusión de proteína en la dieta, sugiriéndose que el requerimiento proteico indicado para esta etapa es de 25% de PC.

Impacto socioeconómico

La generación de conocimientos nutricionales básicos en las especies nativas y de importancia económica, como lo es *M. tenellum*, permitirá mejorar los sistemas de producción y dar alternativas de manejo a los actores involucrados en el proceso. Dentro de los alimentos acuícolas la proteína es uno de los ingredientes más caros tanto económica como biológicamente, este ingrediente puede elevar los costos de producción hasta un 50% y si se proporciona en exceso llevar a la desestabilización de los sistemas. Al conocer de una manera más precisa los intervalos de proteína que se puedan ofrecer a los organismos, los usuarios del recurso podrán bioeconomizar en sus cultivos.

Referencias

- Behanan L. and Mathew S. 2004. Nucleic acid and protein concentrations in the muscle of *Macrobrachium rosenbergii* juveniles at different periods of growth. *Asian Fisheries Science*, 17: 111-119.
- Bureau D.P. y Viana M.T. 2003. Formulating cost-effective and environmentally-friendly feeds. *International Aquafeed*, 6:20-21.
- Coelho-Emerenciano M.G. y Massamitu-Furuya W. 2006. Ensilado de maíz en dietas para postlarvas de camarón de agua dulce *Macrobrachium rosenbergii*. *Investigaciones Marinas Valparaíso*, 34(2): 57-61.
- Guzmán Arroyo M. 1987. Biología, ecología y pesca del langostino *Macrobrachium tenellum* (Smith, 1871), en lagunas costeras del estado de Guerrero, México. Tesis de Doctorado en Ciencias del Mar (Oceanografía Biológica y Pesquera), Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, Colegio de Ciencias y Humanidades, Universidad Autónoma Nacional de México, D.F., México. 319 pp.
- Kabir C.M.A., Goda A.M.A.S., El-Haroun E.R., Wafa M.A. and Salah E.S.A. 2008. Effect of dietary protein and feeding time on growth performance and feed utilization of post larval freshwater prawn *Macrobrachium rosenbergii* (de Me 1879). *Journal of Fisheries and Aquatic Science*, 3(1): 1-11.
- Merirros L., Graziani C., Villarroel E., Lemus M., Lodeiros C. y Salazar G. 2007. Evaluación de tres dietas con diferente contenido proteico en el cultivo de postlarvas del langostino de río *Macrobrachium rosenbergii*. *Zootecnia Tropical*, 25: 111-121.
- Stanley R.W. and Moore L.B. 1983. The growth of *Macrobrachium rosenbergii* feeds in pond cages. *Journal of the World Mariculture Society*, 14: 174-184.
- Vega-Villasante F., Espinosa Chaurand L.D., Yamasaki Granados S., Cortés Jacinto E., García Guerrero M.U., Cupul Magaña A.L., Nolasco Soria H. y Guzmán Arroyo M. 2011. Acuicultura del langostino *Macrobrachium tenellum* – Engorda de estanques semirústicos. Universidad de Guadalajara. 87 pp.
- Vega-Villasante F., Martínez-López E.A., Cortés-Lara M.C., Espinosa-Chaurand L.D. y Nolasco-Soria H. 2011b. Crecimiento y supervivencia del langostino *Macrobrachium tenellum* en cultivos experimentales de verano y otoño en la costa tropical del Pacífico mexicano. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 14: 581-588.





Efecto de Actipal Shrimp SL8® en la sobrevivencia, crecimiento y conversión alimenticia del camarón blanco

Litopenaeus vannamei

Carlos Rangel Dávalos, Juan Manuel Pacheco Vega, Marco Antonio Cadena Roa y Nathaniel Rivera Reyes.

Universidad Autónoma de Baja California Sur

pachecovjm@yahoo.com.mx

Abstract

Aquaculture can provide food volume required to meet rising demand in the world, but paradoxically depends on the supply of fishmeal and fish oil to produce the feed required for the fish and crustaceans cultivation. The aim of this study was to evaluate the effect of the incorporation of fish viscera hydrolysates, replacing fishmeal in shrimp feed. A growth assay under experimental conditions was performed, and indicated the feasibility of using Actipal Shrimp SL8® in feed for *L. vannamei*. Even if addition of Actipal SL8® does not enhance survival, better feed conversion ratio is obtained.

Keywords: shrimp culture, *Litopenaeus vannamei*, hydrolyzates, fish meal, substitute ingredient.

Resumen

La acuicultura puede aportar los volúmenes de alimento requeridos para satisfacer la demanda ascendente en el mundo, pero paradójicamente depende del abastecimiento de harina y aceite de pescado para elaborar los alimentos balanceados requeridos para la alimentación de los peces y crustáceos en cultivo. El objetivo del presente trabajo fue evaluar el efecto de la incorporación de un producto próximo a comercializarse denominado Actipal Shrimp SL8®, producto elaborado mediante un proceso de hidrolizado de vísceras de pescado en sustitución de harina de pescado en el alimento para camarón. Se realizó un ensayo de crecimiento bajo condiciones experimentales y se comprobó la factibilidad del uso de Actipal Shrimp SL8® en la alimentación para engorda de *L. vannamei*. Sin embargo, aún cuando la adición de Actipal no presenta la mejor sobrevivencia, sí mejora la tasa de conversión.

Palabras clave: camaronicultura, *Litopenaeus vannamei*, hidrolizados, harina de pescado, sustituto, ingrediente.

Área temática: Área 6. Biotecnología y Ciencias Agropecuarias.

Problemática

El pescado representa una fuente sana de proteína en la dieta humana; en 2011 se consumió el doble que en 1973 (FAO, 2012), pero ésta demanda creciente ha provocado la disminución de las capturas por lance, al incrementarse el esfuerzo pesquero. El 80% de los stocks pesqueros son explotados al límite o incluso sobreexplotados (Grajales-Quintero, 2008), por lo que se promueve el desarrollo de la acuicultura para producir alimentos y crear empleos en áreas rurales. Sin embargo, la dependencia de la acuicultura en las pesquerías de especies pelágicas menores (sardina, anchoveta, arenque), para elaborar alimentos balanceados, es el reto a vencer para alcanzar niveles intensivos de producción; debe considerarse que las dos terceras partes de las pesquerías mundiales de pelágicos menores se utilizan para producir harinas y aceites destinados a la acuicultura (FAO, 2012). No obstante, el crecimiento de la acuicultura no debe implicar una amenaza a las pesquerías sustentables. Por lo anterior, el reto está en identificar y evaluar otras fuentes de ingredientes que sustituyan parcialmente la harina y aceites

Ciencia, Tecnología e Innovación para el Desarrollo de México

convencionales de pescado, y que no representen un desbalance en las pesquerías sustentables. La estrategia propuesta en este estudio para reducir la dependencia de la harina y el aceite de pescado, como ingredientes principales en los alimentos balanceados para engorda de organismos marinos, es su sustitución con hidrolizados elaborados de productos de desecho de las pesquerías, tales como vísceras y agua de cola.

Usuarios

Las dependencias federales como la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA), Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), Secretaría de Desarrollo Social (SEDESOL) y la Secretaría de Salud (SS). Particularmente el sector acuícola que cuenta con 109 laboratorios de producción de postlarvas de camarón; numerosos productores de ingredientes y alimentos para la engorda, empresas que construyen y dan mantenimiento a la estanquería de cultivo, productores de insumos y materiales necesarios para la producción, y finalmente los participantes en la cosecha, manejo, transformación y comercialización del camarón de cultivo. Todos ellos se verán beneficiados con las mejoras en la calidad y precio del alimento balanceado.

Proyecto

El presente trabajo tuvo como objetivo el evaluar el efecto de la adición de un hidrolizado de vísceras de pescado en la sobrevivencia, crecimiento y conversión alimenticia de juveniles de camarón blanco *L. vannamei*.

El hidrolizado (Actipal Shrimp SL8®) fue utilizado como ingrediente y se adicionó al alimento comercial (35% Proteína cruda) elaborado por la empresa Promotora Industrial Acuasistemas, S.A. de C.V. (PIASA®) de La Paz, BCS, México. El experimento se llevó a cabo en las instalaciones del Laboratorio Experimental de Acuicultura de la Unidad Pichilingue de la Universidad Autónoma de

Baja California Sur (UABCS). Los camarones presentaban un peso de 1.9 g/org y fueron donados por el Centro de Estudios Tecnológicos del Mar Unidad La Paz, quien a su vez los recibió de la empresa Acuicultura Mahr (Baja California Sur). Fueron utilizados alimentos experimentales y alimento control para su evaluación: Tratamiento 1) Actipal Shrimp SL8 como ingrediente (2%); Tratamiento 2) Actipal Shrimp SL8 como ingrediente del 5% de harina de pescado; Tratamiento 3) Testigo, alimento comercial PIASA (35% de proteína), cada tratamiento contó con cuatro repeticiones. La composición del aditivo Actipal Shrimp SL8® es propiedad de Promotora Industrial Acuasistemas S.A. de C.V. (PIASA). A los alimentos experimentales denominados SL8 se les adicionó el hidrolizado Actipal Shrimp SL8® al momento de la elaboración del alimento en las instalaciones de PIASA, S. A. mediante su proceso comercial convencional. La evaluación se realizó en tanques de fibra de vidrio de 500 litros de capacidad durante 34 días, en donde se le proporcionó recambio diario de agua del 80%, aireación y temperatura constante. El alimento se administró a las 9 y a las 15 horas, y consistió en el suministro de 3% de su biomasa. Las biometrías de camarón fueron realizadas al inicio del experimento, en el día 21 y al final del experimento, registrando el peso de los camarones y el número total organismos por unidad experimental para determinación de sobrevivencia, crecimiento y conversión alimenticia (alimento administrado/ganancia en peso de los organismos) en el camarón blanco (*L. vannamei*). (Figura 1).



Figura 1. Mantenimiento de cultivo en *Litopenaeus vannamei*.

Los principales resultados indican que no se obtuvieron diferencias significativas ($p > 0.05$) en sobrevivencia por efecto de los diferentes tratamientos (Figura 2). El incremento en peso fue estadísticamente similar ($p > 0.05$) entre los diferentes alimentos evaluados (Figura 3). Después de los 34 días de cultivo de *L. vannamei* se obtuvo una tasa de conversión alimenticia (TCA) de 3.20 con el tratamiento de 5% de inclusión de Actipal Shrimp SL8, 4.48 con el tratamiento de Actipal Shrimp SL8 al 2% de inclusión y de 3.94 en el tratamiento testigo. La sustitución de harina y aceite de pescado por Actipal SL8 en los alimentos balanceados para organismos acuáticos, así como el mejoramiento de su asimilación, pueden reducir el costo de producción de *L. vannamei*. Al no depender de estos ingredientes la actividad acuícola podrá aumentar sus niveles de producción de manera sustentable y brindar alimentos de menor costo que los alimentos que incluyen productos que provienen de la pesca.

Los resultados obtenidos en este ensayo muestran menores sobrevivencias a los reportados por Ju et al. (2012) en esta especie, en periodos de

cultivo de seis semanas. Estas diferencias del trabajo desarrollado se atribuyen al uso de Actipal SL8, pudieron ser influenciados por las condiciones artificiales en laboratorio y el ingreso de microorganismos al sistema, los que pueden modificar los resultados obtenidos entre experimentos debido a la calidad de agua (Ballester et al., 2010). Los resultados del crecimiento y de la TCA son superiores a los obtenidos por estudios como el de Cruz-Suárez et al. (2000) y Sookying et al. (2011), por mencionar algunos, en donde los organismos fueron de menor tamaño, lo que reduce la TCA en función inversa a la talla en camarones. Aunque éstos factores son los más importantes, se puede considerar en la evaluación que es económicamente rentable por la inclusión de hidrolizados en dietas. Dado que la sustitución parcial de harina de pescado, podría disminuir los costos de alimentos balanceados. Al considerar una demanda anual de harina de pescado de 15 millones de toneladas en el 2010 (FAO, 2012), una reducción del 2 al 5% por sustitución con el aditivo Actipal SL8, podría impactar en una reducción de la demanda de harina de pescado.

En conclusión, la sobrevivencia, peso ganado y TCA muestran la factibilidad del uso de ensilados a partir

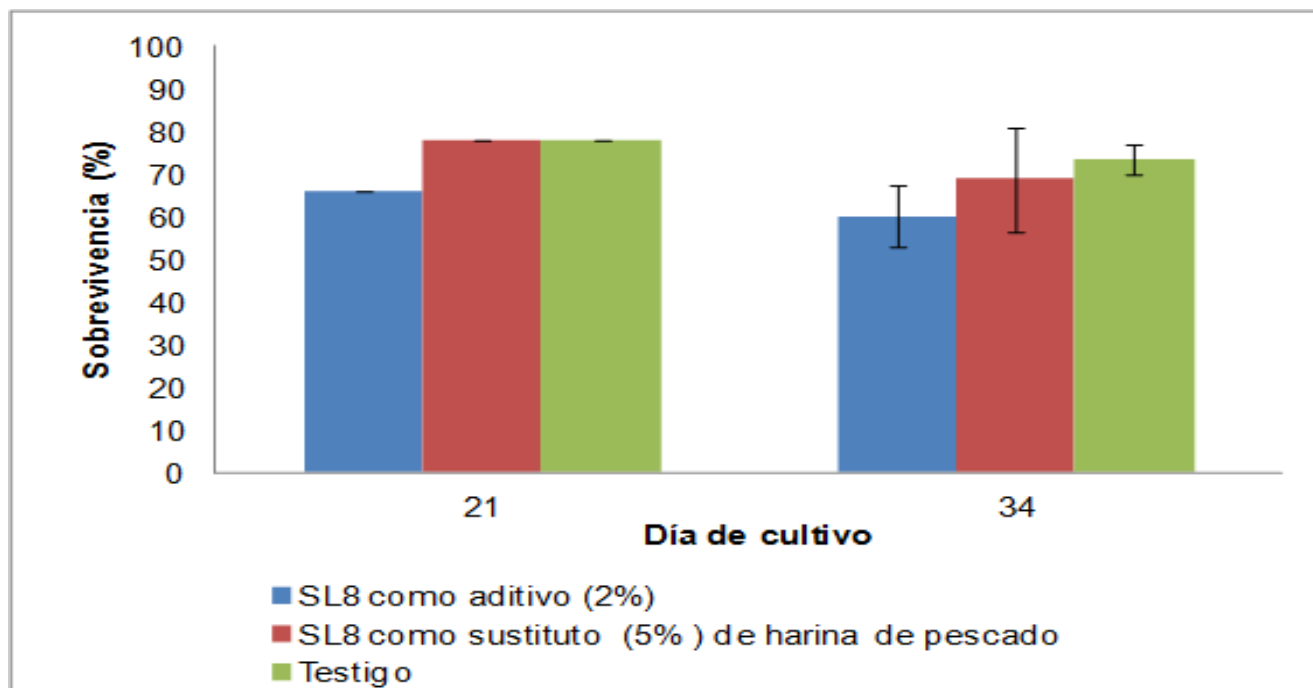


Figura 2. Sobrevivencia de *Litopenaeus vannamei* bajo cultivo en 21 y 34 días con diferentes dietas (ANDEVA, $\alpha = 0.05$).

Ciencia, Tecnología e Innovación para el Desarrollo de México

de vísceras de pescado, como un ingrediente (2%) o como sustituto de harina de pescado en un 5% en alimento inerte para *Litopenaeus vannamei*. El uso de sustitutos de harina de pescado (Amaya et al., 2007), puede disminuir de forma significativa los costos del alimento para *L. vannamei*, al considerar una fuente de sustitución de harina de pescado más económica (Naylor et al., 2009)

Impacto socioeconómico

En México el precio actual del kilogramo de alimento balanceado para engorda comercial de camarón es de \$14.00 pesos M.N. El factor de conversión alimenticia es de 1.5:1, y la producción nacional anual promedia las 100,000 toneladas. La inversión anual en alimento granulado rebasa los 2,000 millones de pesos, por lo que cualquier reducción de éste rubro, representa una derrama de significancia para el sector acuícola. En otro sentido, el aprovechamiento de subproductos de la pesca como se muestra en la utilización del hidrolizado de vísceras de pescado (Actipal Shrimp SL8®) como ingrediente en dietas para camarón, muestra una opción a la utilización de este recurso no aprovechado.

Referencias.

- Amaya, E. A., Davis, D. A., y Rouse, D. B. (2007). Replacement of fish meal in practical diets for the Pacific white shrimp (*Litopenaeus vannamei*) reared under pond conditions. *Aquaculture*, Vol. 262, Issues 2-4: 393-401.
- Ballester, E. L. C., Abreu, P. C., Cavalli, R. O., Emerenciano, M., De Abreu, L. y Wasielesky J. R. (2010). Effect of practical diets with different protein levels on the performance of *Farfantepenaeus paulensis* juveniles nursed in a zero exchange suspended microbial flocs intensive system. *Aquaculture Nutrition*. 16(2), 163-172.
- Cruz-Suárez, L.E., Antimo-Pérez, J.S., Luna-Mendoza, N., Tapia-Salazar, M., Guajardo-Barbosa, C., y Ricque-Marie, D., 2000. Relaciones proteína/energía y proteína vegetal/animal optimas en alimentos de engorda para *Litopenaeus vannamei* y *L. stylirostris*. In: Cruz-Suárez, L.E., Ricque-Marie, D., Tapia-Salazar, M., Olvera-Novoa, M.A. y Civera-Cerecedo, R., (Eds.). Avances en Nutrición Acuícola V. Memorias del V Simposium Internacional de Nutrición Acuícola. 19-22 Noviembre, 2000. Mérida, Yucatán.
- FAO. (2012). El estado mundial de la pesca y la acuicultura. Roma: FAO. 231 pp.
- Grajales-Quintero, A. (2008). Pesca y acuicultura: efectos y consecuencias de los impactos ambientales globales y situación actual y perspectivas de los ecosistemas piscícolas. *Agron*. 16(1): 53 – 62.
- Ju, Z. Y., Castille, F., Deng, D. F., Dominy, W. G., Lawrence, A. L. y Forster, I. P. (2012). Effects of replacing fish oil with stearine as main lipid source in diet on growth and survival of Pacific White Shrimp, *Litopenaeus vannamei* (Boone, 1931). *Aquaculture Research*, 43(10), 1528-1535.
- Naylor, R. L., Hardy, R. W., Bureau, D. P., Chiu, A., Elliott, M., Farrell, A. P. y Nichols, P. D. (2009). Feeding aquaculture in an era of finite resources. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 106(36), 15103-15110.
- Sookying, D., Silva, F. S. D., Davis, D. A. y Hanson, T. R. (2011). Effects of stocking density on the performance of Pacific white shrimp *Litopenaeus vannamei* cultured under pond and outdoor tank conditions using a high soybean meal diet. *Aquaculture*, 319(1), 232-239.

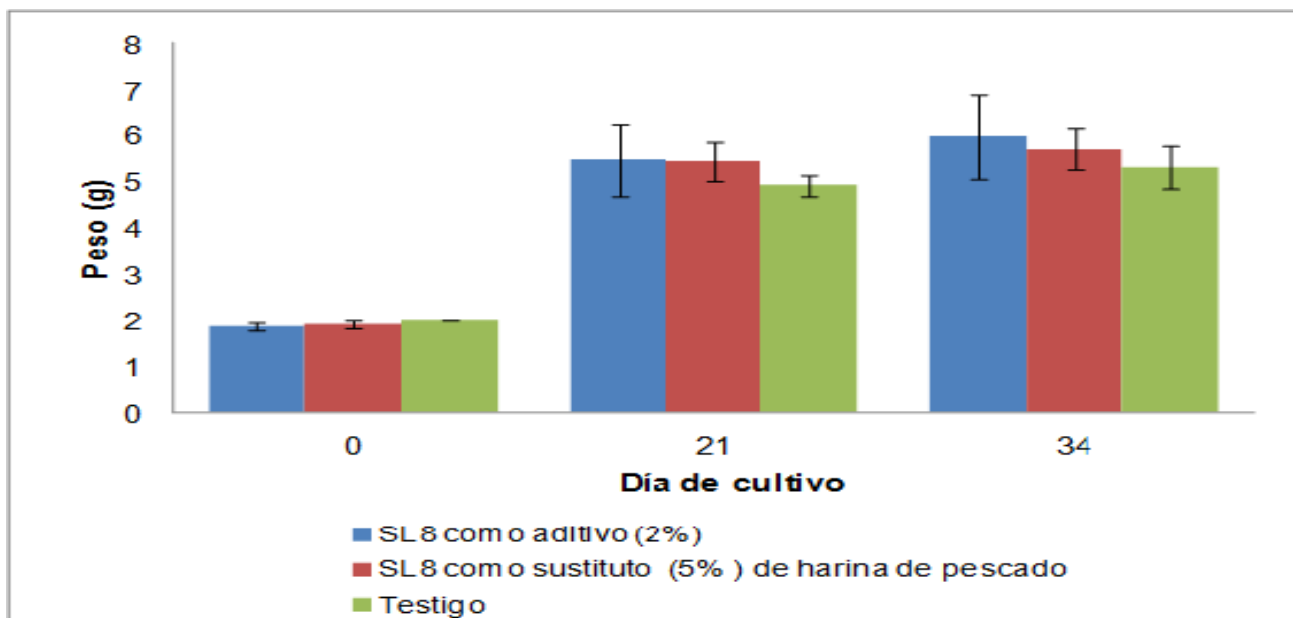
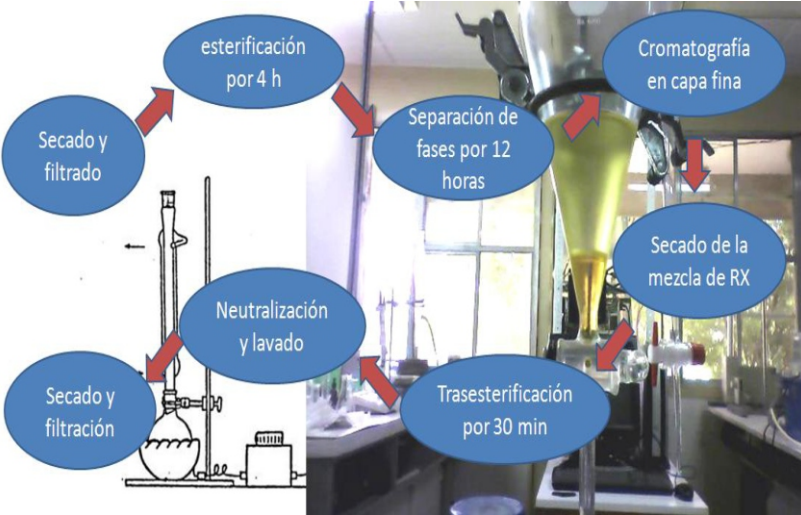


Figura 3. Peso promedio en *L. vannamei* bajo cultivo en 21 y 34 días con diferentes dietas de alimentación. (ANDEVA, $\alpha = 0.05$).



Producción de biodiesel de grasa láctea residual de LICONSA

Bunfilio Eduardo Ramos Cortés, Ana María Lumbreras García, José Antonio Guevara-García

Universidad Autónoma de Tlaxcala, Campus Apizaco, Fac. de Ciencias Básicas, Ingeniería y Tecnología.

jaguevarag@gmail.com

Abstract

The aim of this work was to obtain biodiesel from residual milk fat of LICONSA plant in the state of Tlaxcala. Physicochemical properties of the residue were characterized and free fatty acids were esterified by refluxing reaction in acid medium with H_2SO_4 . Fatty acid esters were treated with a mixture of sodium hydroxide in anhydrous ethanol at reflux to obtain biodiesel. Biodiesel properties are comparable with those obtained from other sources. Fat retained in LICONSA plants traps and others milk and cheese processing plants across the country makes very attractive the biodiesel production from this waste, besides it makes possible eliminate wastewater discharged to rivers or processed in biological treatment plants.

Keywords: biodiesel, milk, fat, LICONSA.

Resumen

El objetivo de este trabajo fue la obtención de biodiesel a partir de una grasa láctea residual de la planta de LICONSA en el estado de Tlaxcala. Se caracterizaron las propiedades fisicoquímicas del residuo y posteriormente se esterificaron los ácidos grasos libres por reacción en reflujo en medio ácido con H_2SO_4 . Los ésteres de ácidos grasos se trataron con una mezcla de hidróxido de sodio en etanol anhidro a reflujo para obtener el biodiesel. Las propiedades del biodiesel obtenido son comparables con los obtenidos de otras fuentes. Las cantidades de grasa que se retienen en las trampas de las plantas LICONSA y de otras plantas de leche y queso en todo el país hace muy atractivo la producción de biodiesel a partir de este residuo, además de la posibilidad de eliminar las aguas residuales que se vierten en ríos o que se procesan en plantas de tratamiento biológico.

Palabras clave: biodiesel, leche, grasa, LICONSA.

Área temática: Área 6. Biotecnología y Ciencias Agropecuarias.

Problemática

Una industria láctea que procesa 5 litros/min de leche por día, produce alrededor de 200-350 kg de residuos por día. La empresa LICONSA tiene 10 plantas en la República que producen en conjunto 96'152,707 L de leche mensuales (SAGARPA 2009), esto significaría cerca de 90,000 Kg de grasa residual. Este material residual se retiene en las trampas de grasa de las plantas sin que se le dé un uso posterior. Adicionalmente, todas las industrias dedicadas a la restitución y pasteurización de leche producen como residuo grasa que se desecha en el efluente. La leche cruda de vaca refrigerada se estandariza para producir la leche que se ofrece en cantidades industriales en el mercado, además de los productos lácteos tales como mantequilla, crema, queso, yogur, helados y otros. Grandes cantidades de agua se utilizan para la limpieza, esterilización y lavado de equipos; durante este proceso, la mantequilla y la grasa residual se lavan y se recogen en trampas de grasa antes de llegar a la planta de tratamiento de efluentes. Este material residual es una masa flotante de sólidos de menor densidad que el agua, formado por lo general por una mezcla de grasas, lípidos, proteínas, materiales de embalaje, etc. En el caso del queso, aproximadamente 90% del total de la leche utilizada en la industria quesera es eliminada como lactosuero, el cual retiene cerca del 55% del total de sólidos de la leche, entre ellos las grasas (Sivakumaret al., 2011). Otras factorías resuspenden estos materiales grasos en el efluente, lo

cual origina dificultades operativas para el tratamiento de los efluentes en la planta de tratamiento. Las cantidades de grasas de origen lácteo que actualmente se desechan en los ríos causan un grave problema de contaminación.

Usuarios

Las dependencias federales como la Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA), la Secretaría de Energía (SENER), la Secretaría de Desarrollo Social (SEDESOL); particularmente LICONSA, pero pueden ser todas las industrias dedicadas a la restitución y pasteurización de leche, fabricación de quesos, y otros productos lácteos que generen como residuo grasa láctea. Estas empresas pueden hacer uso del biodiesel (BD) en su sistema de transporte de productos que actualmente se mueve utilizando diesel convencional. Otros beneficiarios son las poblaciones y municipios por los que atraviesan cuerpos de agua que son los receptores de la descarga de agua residual con alto contenido de grasas de origen lácteo.

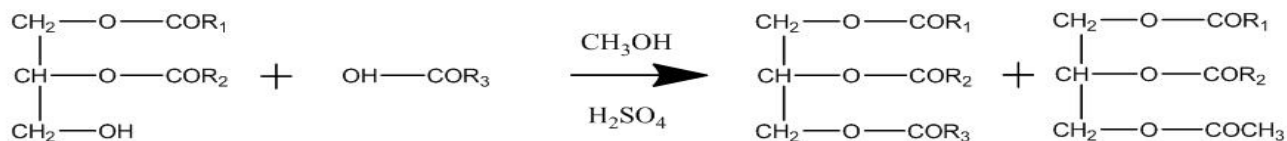
Proyecto

El objetivo fue establecer la viabilidad de obtener biodiesel a partir de grasa láctea residual recuperada de las trampas de grasa

de las plantas de LICONSA, estudiar sus propiedades fisicoquímicas a fin de establecer su calidad, y comparar esta con otros BD obtenidos de otras fuentes.

La grasa residual se recogió de la trampa de grasa de la tubería de tratamiento de efluentes en un estado fresco y procesada inmediatamente para evitar un aumento en ácido graso libre adicional por acción biológica. Este material es turbio de color blanco y semisólido en textura. Una cantidad conocida de material residual graso se calentó entre 50 y 60 °C para fundirla y pasarla al estado líquido. Se dejó sedimentar durante unos minutos para separar la fase inferior acuosa. La capa superior de aceite se separó por decantación y se centrifugó (3700 rpm, centrifuga marca Sol-Vat) para eliminar los sólidos suspendidos no deseados, tales como partículas y otros desechos sólidos. Se calentó a la temperatura de 110 °C hasta que el aceite llegó a su estado anhidro (sin agua) para la transesterificación. La grasa se caracterizó en sus propiedades fisicoquímicas de índices de acidez, iodo, y saponificación. Se determinó la humedad en la grasa por el método Karl-Fisher. Se determinó el índice de lodo de Hanus con el método 26.020-26.021 de la AOAC. Se determinó el índice de saponificación con el método oficial de la AOCS. El análisis de IR se realizó con un equipo FT-IR (3600-400, marca Nicolet, modelo Magna 750) del Departamento de Materiales del Instituto Tecnológico

1) ESTERIFICACIÓN de los ácidos grasos libres



2) TRANSESTERIFICACIÓN

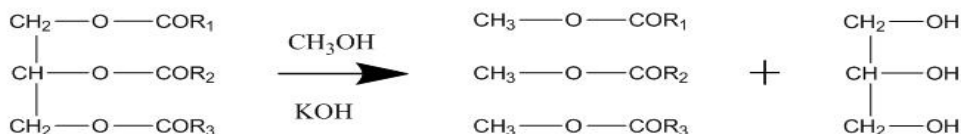


Figura 1. Las dos reacciones generales para la obtención de biodiesel. Primero, se esterifican los ácidos grasos libres de la grasa o aceite; segundo, se realiza la transesterificación.

Superior de Tlaxco, Tlaxcala. La espectrometría de Masas fue realizada en un equipo en modo normal. La determinación de humedad se realizó en un equipo Karl-Fisher Marca Schott Instruments Modelo Titroline KF. El índice de refracción con un Refractómetro Marca ATAGO NAR-3T. La rancidez hidrolítica se determinó por el método de espectrofotometría, utilizando un equipo UV-VIS Marca Milton Roy Modelo Spectronic 21D. Se



Figura 2. Aspecto del BD obtenido como un líquido de color amarillo claro y cristalino (fase superior), en la fase inferior se observa la glicerina con impurezas.

esterificaron a los ácidos grasos libres presentes en el aceite por reacción en reflujo en proporción 1:20 (aceite:etanol) en medio ácido con H_2SO_4 al 10% en peso. Una vez comprobada la presencia del éster de los ácidos grasos se obtuvo el biodiesel, por el método convencional, utilizando una mezcla de hidróxido de sodio en etanol anhidro a reflujo, de acuerdo a las reacciones de la Figura 1. La determinación de la calidad de BD obtenido se hizo de acuerdo a las normas internacionales. Una vez completada la reacción, el producto se transfirió a un embudo de separación por cierto intervalo de tiempo (aproximadamente 12 h) para la separación de fases. Se aplicó un proceso de lavado para eliminar el glicerol arrastrado, catalizador, jabones y etanol en exceso. El agua se acidificó con ácido acético, seguido por el lavado con agua destilada hasta que la capa inferior tuvo un pH similar al pH del agua destilada (pH 7.0) lo que indica el BD está libre de catalizador. Se aplicó secado para eliminar el agua dispersa y disuelta en el BD (indeseable porque causa una combustión deficiente y producción de humo en el motor). El secado se realizó en un rotavapor a $105\text{ }^{\circ}\text{C}$ hasta que el contenido de agua disminuyó por debajo de 0.05%, de acuerdo a la Norma ASTM. El proceso de secado también elimina las trazas de etanol. Al final se obtiene un líquido de color amarillo claro y cristalino (Figura 2).

Los resultados más relevantes indican que el rendimiento global del proceso fue de 46.66%. Este rendimiento es factible de mejorarse, al introducir reactores de microondas (Mazo et al., 2007) y catalizadores heterogéneos. El espectro FT-IR muestra la banda correspondiente a los ésteres arriba de 1700 cm^{-1} (Figura 3). El biodiesel debe observar una densidad en el intervalo 0.87-0.90 (Standard ASTM 7651), el BD obtenido tiene un valor de 0.8855 Kg/cm^3 . Este valor está cerca del límite inferior del intervalo permitido, esto es indicativo de que la reacción se completó exitosamente y que se removió efectivamente la glicerina (Sivakumar et al., 2011). Otros parámetros son: índice de refracción, 1.4624; humedad, $0.84\text{ mg H}_2\text{O/mL}$; índice de saponificación (según AOCS), 0.3 mg KOH/g ; cenizas, 0.071%. Estos valores indican que la calidad del BD obtenido está dentro de los valores normativos internacionales

y es comparable al BD obtenido de otras fuentes (Hoekman et al., 2012). Actualmente se trabaja para llevar a cabo la producción de BD en flujo continuo, con radiación de microondas, en fase heterogénea utilizando catalizadores, y en la automatización y control del proceso a través de instrumentación con interface hombre-máquina.

En conclusión, es necesario optimizar el proceso y mejorar el rendimiento de 46.66% para la producción de BD en forma comercial. El producto obtenido presenta buenas características, para competir contra el BD hecho a partir de otras fuentes. Se puede concluir que la cantidad de grasa de origen lácteo que puede contemplarse como utilizable para la obtención de BD justifica la investigación y el desarrollo de un proceso de obtención de este carburante a partir de grasa de origen lácteo.

Impacto socioeconómico

Todas las industrias dedicadas a la restitución y pasteurización de leche que producen como residuo grasa que se desecha en el efluente,

incluidas las empresas dedicadas a la fabricación de quesos se pueden beneficiar al producir BD utilizable en su transporte. Se considera que México cuenta con áreas de oportunidad para emprender proyectos que permitan la introducción del uso de BD en vehículos automotores, principalmente en el ramo de vehículos automotores destinados al transporte de carga y pasajeros; sin embargo, para que estos sean viables se requiere contar con algunos elementos indispensables como concertar las estrategias necesarias entre el gobierno federal, gobiernos estatales, instituciones de investigación, fabricantes de vehículos automotores, agricultores, empresarios, así como las cámaras del autotransporte de carga y pasaje que permitan impulsar el uso masivo del BD en nuestro país.

Referencias

- Hoekman S. K., Broch A., Robbins C., Cenicerros E., Natarajan M. (2012). Review of biodiesel composition, properties, and specifications. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 16, 143–169.
- Mazo P., Galeano L., Restrepo G., Ríos L. (2007). Esterificación de los ácidos grasos libres (FFA) del aceite crudo de palma: Calentamiento convencional vs microondas. *Scientia et Technica*. Año XIII, No 35. Universidad Tecnológica de Pereira. ISSN 0122-1701.
- SAGARPA (2009). Escenario base del sector agropecuario en México, proyecciones 2009–2018.
- Sivakumar P., Anbarasu K., Renganathan S. (2011). Bio-diesel production by alkali catalyzed transesterification of dairy waste scum. *Fuel*. 90, 147–151.

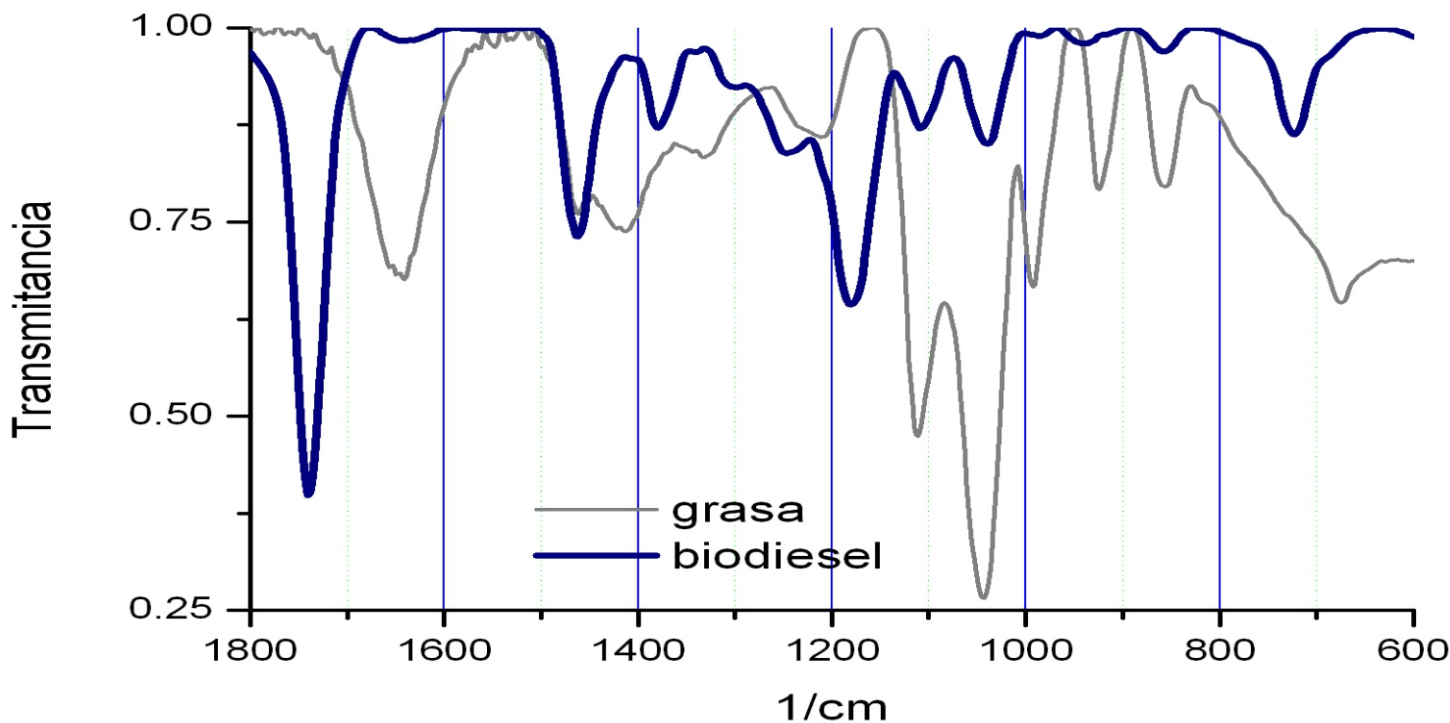


Figura 3. Espectro FT-IR de la grasa inicial y del producto de la reacción de transesterificación. Se puede observar la banda de éster del BD arriba de 1700 cm^{-1} .

Instrucciones de autor

CIENCIA, TECNOLOGÍA E INNOVACIÓN PARA EL DESARROLLO DE MÉXICO

Revista científica de divulgación, NÚMERO ISSN 2007-1310, Indizada al LATINDEX

Los artículos científicos, de divulgación, que se publican deben estar basados en cualquiera de los siguientes casos:

- Propuesta de proyecto científico, tecnológico o de innovación, para resolver una problemática con impacto socioeconómico en México.
- Proyecto científico, tecnológico o de innovación, ya ejecutado y exitoso que haya resuelto una problemática con impacto socioeconómico en México
- Propuestas de política pública para fortalecer el desarrollo sustentable de México, basado en el conocimiento.

Aunque el artículo trate una temática local debe presentarse en el contexto nacional o al menos regional.

Los artículos pueden derivarse de los siguientes tipos de proyecto: 1. Investigación; 2. Desarrollo tecnológico; 3. Innovación; 4. Formación de recursos humanos; 5. Infraestructura científica y tecnológica; 6. Divulgación científica y tecnológica; 7. Políticas públicas para el desarrollo de México, basado en el conocimiento.

Los artículos deberán tener como máximo 5-6 cuartillas (24 líneas, 260 palabras por cuartilla, aproximadamente) de texto, Times New Roman de 12 puntos, con interlínea doble y con márgenes de 2.5 cm. Sin demérito de su calidad científica, los textos deben ser escritos en lenguaje para todo público. Los documentos deben contener las referencias científicas más importantes (mínimo 5, máximo 10), referidas en el texto y listadas en la bibliografía. En un archivo anexo enviar tres figuras a color (gráficos, fotografías, esquemas, dibujos y como última opción tablas cortas). Las figuras o tablas deben estar referenciadas en el texto y deben tener un pie de figura o tabla explicativo, descrito de forma breve y de fácil comprensión.

Los documentos deben tener siguientes secciones y orden:

Título

Autor/Institución

Resumen (objetivos, métodos, resultados relevantes, conclusiones en 6-10 líneas).

Palabras clave

Abstract (6-10 líneas).

Key Words.

Área temática.

Problemática que atiende.

Usuarios/beneficiarios.

Proyecto (objetivos, métodos, resultados relevantes, discusión, conclusiones).

Impacto socioeconómico. Hasta esta sección, MÁXIMO 5 CUARTILLAS

Elementos adicionales a considerar en los artículos sometidos para publicación

Ilustraciones

Las ilustraciones —incluye fotografías— se entregarán digitalizadas en 427 x 640 pixeles, con un tamaño mínimo de 15cm en su lado mayor. El material gráfico —dibujos o esquemas—, deberán ser elaborados en Corel Draw u otro programa similar y en cualquiera de los siguientes formatos: tif o jpg. No se aceptan imágenes que provienen de Internet, sin la autorización expresa del autor de la imagen, y sin que tengan la calidad requerida. En total las imágenes, gráficos y tablas referidas en el texto no deben ser mayores a tres.

Nota: se recomienda enviar una ilustración de alta definición 683 x 1024 pixeles, para usarse como portada en la versión electrónica en el portal del PCTI. La fotografía o imagen debe ser llamativa y sobre la temática del artículo.

Tablas

Se recomienda usarlas de manera excepcional. De haberlas, deberán ser referidas en el texto, tener únicamente los datos imprescindibles, con el propósito de que el lector las comprenda con facilidad. Cada una de las tablas deberá contener un número de identificación, numeradas en forma consecutiva, con un título descriptivo. De ser necesario, se incluirá al pie una nota explicativa. Las tablas deben enviarse además en archivo Excel.

Referencias bibliográficas

Las referencias generales, destinadas a ampliar en su conjunto la información que se proporciona al lector, no requieren ser citadas en el texto. Las específicas, que destacan algún punto de particular importancia, deberán ser únicamente las 10 más importantes y citadas en el texto por el primer apellido del autor y del coautor (de existir) seguido(s) por el año de publicación escrito entre paréntesis, como en: Martínez (2009), o en López y Martínez (2009). Si hubiera más de dos autores, la referencia se hará como en el caso anterior, pero señalando únicamente el apellido del primer autor, seguido de la expresión y cols., como en Martínez y cols. (2010) ó et al. dentro de paréntesis (Martínez et al., 2010). Si es necesario diferenciar dos o más trabajos del mismo autor publicados en un mismo año, se utilizarán letras minúsculas consecutivas al lado del año, en letra cursiva, como en: Martínez (2010a), Martínez (2010b). El número de referencias no deberá ser mayor a 10. Las fichas bibliográficas correspondientes a las referencias generales y específicas se agruparán al final del artículo, en orden alfabético y de acuerdo con el apellido del primer autor. El texto del artículo hasta la bibliografía no debe ser mayor a 6 cuartillas a doble espaciado.

Los artículos y anexos deberán ser enviados (en el formato electrónico requerido) al Editor de la revista, acompañados de una carta (en formato electrónico) del autor de correspondencia solicitando su publicación. Con el objeto de facilitar la labor de corrección y la comunicación con el autor, las páginas del artículo deberán estar numeradas. Las propuestas de artículo deben de enviarse exclusivamente por vía electrónica a: hnoasco2008@hotmail.com

ÁREAS TEMÁTICAS: todas las áreas temáticas, usar la clasificación del SNI.

Los artículos son sometidos a arbitraje por pares académicos de reconocido prestigio.



PCTI

Ciencia, Tecnología e Innovación para el Desarrollo de México.



La ciencia, la tecnología e la Innovación al servicio de la sociedad mexicana

Órgano Oficial de Divulgación
de la AMECTIAC



Contacto: hno lasco2008@hotmail.com, hno lasco@pcti.mx