

Producción y viabilidad del uso de biodiesel proveniente de aceite residual de fritura

Zanchett Groth Martin¹, Bellé Cristiano², Zanchett Groth Maruan¹, Flores Roza-Gomez Margarida³, Cericato Alceu³

¹Universidade Federal de Pelotas, Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Sementes. Campus Capão do Leão s/n, 96001970 Pelotas, Rio Grande do Sul, Brasil.

²Universidade Federal de Pelotas, Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Programa de Pós-Graduação em Fitossanidade. Campus Capão do Leão s/n, 96001970 Pelotas, Rio Grande do Sul, Brasil.

Correio eletrônico: crbelle@gmail.com

³Universidade del Oeste de Santa Catarina, Departamento de Ciências Exatas y de la Tierra, Campus Aproximado de San José del Cedro, 89900-000 San Miguel del Este, Santa Catarina, Brasil.

Recibido: 11/4/16 Aceptado: 18/7/16

Resumen

Este estudio tuvo como objetivo evaluar la proporción de biodiesel obtenido a partir de aceites de soja y girasol *in natura* y otros ya utilizados en procesos de fritura, así como verificar la viabilidad de su utilización a través del análisis horas máquina. El aceite de fritura fue colectado en restaurantes. Se realizaron diez repeticiones para cada origen (diez para aceite de soja *in natura*, diez para girasol *in natura*, diez para aceite de soja reutilizado y diez para aceite de girasol reutilizado). El biodiesel proveniente de cada tipo de aceite reutilizado (soja y girasol) fue testado en maquinaria agrícola (tractor New Holland – TL 65) para evaluación de horas máquina, utilizando 4 L de biodiesel cada 80 L de diesel, con tres repeticiones y testigo (diesel). A partir de los aceites *in natura* de soja y girasol se obtuvo una cantidad de 100 % de biodiesel. Con los aceites reutilizados en proceso de fritura, se logró una cantidad de biodiesel de 88,15 % para girasol y 88,00 % para soja. En los ensayos horas máquina, para el biodiesel proveniente de girasol reutilizado se alcanzó un promedio de consumo de 5,75 L/hora máquina, para el biodiesel de soja de 6,20 L/hora máquina y para diesel de 6,00 L/hora. A partir de los resultados obtenidos se comprobó que el biodiesel proveniente de aceite de fritura presenta viabilidad de producción y demuestra potencial para utilización en maquinaria agrícola, presentado óptimo desempeño.

Palabras clave: aceite de soja, aceite de girasol, reaprovechamiento de material, biocombustible, agroenergía

Summary

Production and Viability of Using Biodiesel Derived from Residual Cooking Oil

This study aimed to assess the proportion of biodiesel derived from soybean oil and sunflower oil in nature and other already used in frying, and to verify the feasibility of using these oils by testing machine hours. The frying oil was collected in restaurants. Ten repetitions were performed for each oil origin (ten for *in natura* soybean oil, ten for *in natura* sunflower oil, ten for reused of soybean oil, and ten for reused sunflower oil). Biodiesels originated from each reused oil (soybean and sunflower) were tested in agricultural machinery (tractors New Holland TL-65) to evaluate hours machine, using 4 L of biodiesel each per 80 L diesel with three replications and a control (diesel). A hundred percent biodiesel was obtained from *in natura* soybean and sunflower oils. From the oils reused from frying processes, 88 % was obtained for soy, and 88.15 % for sunflower. In testing machine hours, for biodiesel derived from sunflower reused oil, the average was 5.75 L h⁻¹ machine, for soybean biodiesel (6.20 L h⁻¹), and for diesel (6.00 L h⁻¹). These results show that biodiesel derived from cooking oil presents production feasibility, and has potential for use in agricultural machinery with optimal performance.

Keywords: soybean oil, sunflower oil, reuse of material, biofuel, agroenergy

Introducción

El biodiesel es un combustible originario de fuentes renovables de energía, obtenido a partir de materias primas vegetales y animales sometidas a diferentes procesos químicos como +esterificación y transesterificación. La transesterificación es el método más utilizado para la obtención del biodiesel, a través de la reacción de un aceite vegetal o grasa animal con alcohol, en presencia de un catalizador. Entre las materias primas vegetales utilizadas en el proceso, se destacan el girasol, la soja, la mamona, el piñón manso y el maní, entre otras cultivadas en Brasil (Brasil. Ministério de Minas e Energia, 2010). El biodiesel es muy discutido actualmente, pudiéndose encontrar interpretaciones divergentes. Algunos autores utilizan la palabra biodiesel de forma genérica, para combustibles producidos a partir de fuentes renovables como aceites vegetales y animales, para ser utilizados en la generación de energía, en sustitución del diesel en motores de ignición por compresión. El biodiesel también puede ser definido como la especificación del porcentaje de cada elemento en obtención de combustible originario, exclusivamente de fuentes renovables, comprendiendo la mezcla de 90 % de aceite vegetal y 10 % de alcohol. La definición adoptada por el Programa Brasileño de Biocombustible es «combustible obtenido a partir de mezcla, en distintas proporciones de diesel y éster de aceites vegetales» (Lima, 2005).

Actualmente, la reutilización de aceites de fritura está ganando un espacio cada vez mayor, no simplemente porque estos residuos representan «materia prima» de bajo costo, sino también porque los efectos de degradación ambiental provenientes de su destino final incorrecto están alcanzando niveles cada vez más alarmantes (Barbosa y Pasqualetto, 2007). Varios proyectos de reaprovechamiento de materiales han mostrado éxito en Brasil. Entre ellos se destaca el papel, plásticos, metales, aceites lubricantes de motores e industriales, suero de leche y bagazo de caña de azúcar, entre otros.

Este reaprovechamiento de materiales es una manera muy atractiva de gerenciamiento de residuos, debido a la transformación de aceites ya utilizados en biocombustible, con grandes ventajas ambientales, lo que puede contribuir a la economía de recursos naturales, así como al bienestar de la comunidad. La producción de un biocombustible a partir del aprovechamiento de aceites de fritura traería innumerables beneficios, como la disminución de los problemas relacionados a su descarte, la posibilidad de aumentar la producción y la utilización de biocombustibles, como el

biodiesel, y la disminución de la emisión de gases de efecto invernadero contribuyendo con el medio ambiente (Barbosa y Pasqualetto, 2007).

La alta competitividad de las empresas y el crecimiento de la conciencia ecológica sobre las consecuencias del descarte de residuos en el ambiente están contribuyendo a la adopción de nuevos comportamientos por parte de organizaciones y de la sociedad, mostrando una valorización mayor de los procesos de retorno de productos y materiales que, de otra manera, serían descartados en el ambiente (Lopes *et al.*, 2011).

El biodiesel es generalmente considerado como una alternativa ambientalmente correcta. Inicialmente, se considera neutro en relación al CO₂ y biodegradable, preserva los combustibles fósiles y su combustión no genera emisiones significativas de compuestos sulfurados. En algunas áreas, esta característica puede ser muy válida. Por ejemplo, en caso de combustión directa, emite la misma cantidad de CO₂ que fue removida de la atmósfera cuando la planta fuente de energía fue cultivada (Sven y Reinhardt, 2006).

La emisión de gases provenientes de la combustión de motores que utilizan biodiesel no contiene óxidos de azufre. La producción agrícola que origina las materias primas para el biodiesel captura el CO₂ atmosférico durante el periodo de crecimiento, y apenas una parte de este gas es liberado durante el proceso de combustión en los motores (Rathamann *et al.*, 2005).

El aprovechamiento de residuos de fritura está siendo cada vez más investigado en Brasil, con métodos de reciclaje apropiados, destacándose entre otros la producción de ésteres de ácidos grasos (biodiesel) (Knothe, 2006).

En ciertas circunstancias socioeconómicas, la producción de biodiesel proveniente del aceite de fritura puede ser un emprendimiento de gran magnitud. Las materias primas de origen vegetal para su producción se encuentran en niveles de precios contrarios a la economía de los combustibles, teniendo en consideración la alta demanda de aceites en la alimentación. Así, los aceites de fritura están situados en una etapa posterior a la alimentación, donde la cadena energética puede ser económica y eficaz, utilizando alternativas de producción como las del biodiesel, aliado al aprovechamiento de estos materiales que se encuentran relacionados a la degradación ambiental producida por actividades industriales urbanas.

Entre los recursos energéticos renovables, el aprovechamiento de biomasa en sus distintas formas (sólida, líquida y gaseosa), fue intensamente estudiado en las últimas

décadas como alternativa para reducir los efectos ambientales adversos y la inseguridad en el abastecimiento futuro de combustibles fósiles (Carvalho *et al.*, 2015).

Además de las ventajas ambientales, la adopción de un programa de biodiesel presenta beneficios sociales, como la generación de empleos y renta, que puede ser propiciada por la implantación de programas de producción de biodiesel en comunidades agrícolas. La obtención de aceite vegetal puede ser, como toda actividad agrícola, realizada de manera descentralizada, aumentando el número de empleos en el campo.

El presente estudio tuvo como objetivo evaluar la producción de biodiesel a partir de dos tipos de aceites vegetales ya utilizados en frituras e *in natura*, observando la posibilidad y viabilidad de aplicación de los mismos como una estrategia alternativa de abastecimiento de máquinas agrícolas.

Materiales y métodos

Para la realización de los ensayos de producción de biodiesel en laboratorio se utilizaron báscula analítica, hidróxido de potasio (KOH), agua, cloruro de sodio (ClNa), alcohol etílico 92,8 %, aceite reutilizado de girasol y soja, aceite *in natura* de girasol y soja, agitador magnético con calentador, termómetro, bastón de vidrio, tamiz, Becker de 100 y de 1000 mL, Erlenmeyer de 1000 mL, probeta, embudo-decantador, cronómetro y recipientes para el transporte de aceite.

La prueba de campo se realizó entre octubre de 2011 y junio de 2012 en un área experimental y comercial de 9 ha perteneciente a la Universidad del Oeste de Santa Catarina – UNOESC, localizada en el Municipio de San José del Cedro, SC, Sur de Brasil (26° 29' S y 53° 30' O, tercer cuadrante sudoeste). La localidad se encuentra a una altitud de 710 m sobre el nivel del mar y presenta clima templado, constantemente húmedo, sin estación seca y con verano fresco, de acuerdo a la clasificación de Köppen. El área se utiliza actualmente como campo agrícola, con cultivos anuales productores de granos en el verano (maíz y soja) y cobertura verde en el invierno (avena y trigo). El suelo del área experimental y de los alrededores del Campus se clasifica como un Nitossolo Rojo Eutrófico Léptico.

Los experimentos de laboratorio se realizaron en el Laboratorio Multiuso de la Universidad del Oeste de Santa Catarina – UNOESC, Campus Aproximado de San José del Cedro, SC, Brasil.

El aceite utilizado para la fabricación de biodiesel se obtuvo de colectas realizadas en establecimientos alimenticios,

como restaurantes y cantinas de la ciudad de San José del Cedro/SC, Brasil. Las colectas se condujeron quincenalmente y de acuerdo a la disponibilidad de aceites almacenados en los establecimientos. Para la realización de este estudio se utilizaron 10 litros de aceite vegetal reutilizado para cada tipo de aceite, o sea 10 litros de aceite vegetal de soja y 10 litros de aceite de girasol. Así, para determinar la proporción de biodiesel obtenido se emplearon 10 repeticiones.

Para fines comparativos de proporcionalidad, se utilizó aceite vegetal *in natura* de soja y girasol, con la misma cantidad descrita anteriormente, o sea, 10 litros de aceite vegetal de soja y 10 litros de aceite vegetal de girasol. Esta práctica tuvo como objetivo principal, comparar los resultados obtenidos con los aceites reutilizados independientemente de su grado de uso.

Producción de biodiesel

El aceite vegetal proveniente del proceso posterior a la alimentación tiende a sufrir contaminación a través de las partículas desprendidas de los alimentos durante el proceso de fritura. De esta forma, se procedió primeramente al filtrado del aceite reutilizado, como manera de reducción de los residuos más gruesos contenido en los aceites, que presentan riesgo potencial para el buen desempeño del biodiesel durante el proceso de inyección del motor. A continuación se realizó la transesterificación, la cual se basa en la reacción de un triglicérido y alcohol etílico, en presencia de un catalizador básico o ácido. De esta manera, se utilizó el catalizador básico, hidróxido de potasio (KOH), por presentar transesterificación rápida y de elevada conversión, ocurriendo un proceso catalítico homogéneo. Fueron disueltos 0,6 g de hidróxido de potasio (KOH) en 100 mL de alcohol etílico 92,8 %. Posteriormente, se partió para la amalgamación entre el aceite y el alcohol, donde se utilizó la razón molar 3:1, con adición de 100 mL de alcohol etílico en 300 mL de aceite vegetal reutilizado, en presencia de 0,15 % de catalizador KOH, totalizando una solución de 400 mL para ambos aceites (girasol y soja), tanto del reutilizado como del *in natura*. O sea, se mezclaron 300 mL de aceite vegetal con 100 mL de solución de alcohol etílico y 0,6 g de KOH.

A continuación, se llevó la solución (aceite vegetal y alcohol) a un Becker acoplado a un agitador magnético con calentador, donde se calentó hasta la temperatura de 70 °C. La reacción se procesó durante aproximadamente 20 min, manteniendo la agitación y temperatura a nivel constante, para mejor procesamiento de la reacción de transesterificación.

Al alcanzar la temperatura de reacción (procesada en 70 °C), se trasladó la solución a un embudo-decantador para reposo por aproximadamente dos horas. Durante este tiempo el glicerol, por ser más denso que el biodiesel, se depositó en la parte inferior del embudo, y el biodiesel, por ser menos denso, en la parte superior del embudo (sobrenadante). Las dos fases posteriores a la decantación fueron recogidas separadamente. Como el glicerol es insoluble en el biodiesel, su remoción es obtenida fácilmente por el proceso de decantación.

A continuación, se inició el proceso de purificación del biodiesel con solución de agua y cloruro de sodio (ClNa), para retirada de cualquier impureza proveniente del aceite de fritura, sea por residuos del proceso de fritura o por glicerina remanente del proceso de decantación. Para la preparación de esta solución, se disolvieron 100 g de cloruro de sodio (ClNa) en 1000 ml de agua a una temperatura de 90 °C en agitador magnético con calentador, por un periodo de 45 min. La cantidad utilizada para la purificación fue de 200 ml de solución de agua y sal para 400 mL de biodiesel. Este proceso de purificación fue repetido tres veces, para mejorar la calidad del combustible obtenido.

Después de la purificación, el biodiesel fue recalentado a una temperatura de 70 °C para la total eliminación de posibles moléculas de alcohol que no entraron en reacción durante el proceso de transesterificación o de moléculas de agua provenientes del proceso de purificación. Finalmente, cada biodiesel producido fue almacenado en frascos de coloración oscura, debido a que, si son expuestos a la luz por un periodo prolongado, pueden perder su capacidad de combustión por entrar en proceso de oxidación.

Evaluación horas máquina

Una vez producidos los biocombustibles, se hizo uso del biodiesel proveniente de aceites de girasol y de soja reutilizados para pruebas de horas máquina. Con esto, se obtuvieron parámetros comparativos de consumo de biodiesel entre dos tipos de aceites, siendo también comparados sus promedios de horas máquina con el consumo de aceite mineral.

Las pruebas de consumo tuvieron como base tres repeticiones para cada tipo de biodiesel, con duración de cinco horas máquina para cada repetición. Las mismas pruebas, con igual número de repeticiones y periodo en máquina agrícola fueron realizadas con diesel.

Los ensayos de horas máquina fueron efectuados en tractor agrícola (New Holland) modelo TL 65, con motor ciclo diesel, aspiración natural cuatro tiempos, con potencia

nominal de acuerdo con la NBR – 1585 de 46,4 KW (65 cv), cilindro de 2.931 cmL”, bomba de inyección Delphi, refrigeración por agua, con filtro sedimentador de combustible standard, tracción trasera, sin TDA, ruedas equipadas con cubiertas radiales traseras y delanteras, potencia de salida con transmisión Synchro Command Standard de 12 x 4 velocidades, de acuerdo con el manual del fabricante, perteneciente a la Universidad del Oeste de Santa Catarina – UNOESC, Campus de San José del Cedro/SC, Brasil.

Se utilizó una cantidad estipulada para la realización de la mezcla B5 (cinco por ciento de biodiesel) junto al depósito de combustible del tractor con capacidad de 80 litros, estableciendo así la proporción de cuatro litros de biodiesel para 76 litros de diesel. El B5 fue preparado en virtud de que el referido tractor nunca había utilizado para combustión una mezcla de biodiesel.

Los ensayos operacionales tuvieron como base el servicio interno del Campus de la Universidad y servicios externos que se establecieron desde simples prácticas de limpieza, hasta prácticas de intenso esfuerzo para el motor, como laboreo del suelo.

Análisis de los datos

Los datos de volumen de biodiesel obtenidos a partir de los aceites vegetales de soja y girasol *in natura* y reutilizados, así como los datos del consumo en horas máquina fueron sometidos a análisis de varianza (ANOVA), y las medias comparadas por la prueba de Tukey con $P=0,05$.

Resultados y discusión

Proporción de biodiesel obtenido

De acuerdo con el Cuadro 1, el porcentaje de biodiesel obtenido con diferentes tipos de aceites vegetales presentó diferencias de proporcionalidad. Los biodiesel obtenidos del aceite de soja y girasol *in natura* no difirieron estadísticamente entre sí. Lo mismo se observó con el biodiesel producido a partir del aceite de soja y girasol reutilizados. No obstante, cuando comparados los aceites *in natura* y los reutilizados, se observan diferencias significativas entre ellos.

Este comportamiento en proporcionalidad, demuestra que el biodiesel obtenido vía etílica en reacción catalítica homogénea básica (KOH), tanto con aceites *in natura* como reutilizados, presentó alta tasa de conversión en éster, lo que también fue observado en estudios realizados por Ferrari *et al.* (2003), Bernardes *et al.* (2007), Chaves (2008), Nunes *et al.* (2009), Pighinelli (2010) y Pierdoná (2011).

Cuadro 1. Proporción de biodiesel obtenido a partir de aceites *in natura* y reutilizados de soja y girasol.

Tratamiento	Proporción de biodiesel obtenido (%)	Desvío estándar
Aceite de soja <i>in natura</i>	100,00 a	0,00
Aceite de soja reutilizado	88,00 b	3,26
Aceite de girasol <i>in natura</i>	100,00 a	0,00
Aceite de girasol reutilizado	88,15 b	2,67
CV (%)	1,13	

Promedios seguidos por las mismas letras no difieren entre sí, por la prueba de Tukey 5 %.

Debido a la diferencia estadística observada, la obtención de biodiesel a partir del aceite reutilizado tanto de soja como de girasol sufrió mayor variación en rendimiento cuando comparado con los aceites *in natura*. Esta variación se debería al grado de utilización de los aceites vegetales ofertados por el comercio local. Así, cuando el aceite presenta algún grado de utilización, o sea, permanece en contacto con alimentos en el proceso de fritura, su concentración de residuos contaminantes aumenta. De esta manera, en el proceso de transesterificación, cuando el triglicérido con el alcohol reaccionan junto a un catalizador para formar una mezcla de ésteres de ácidos grasos (biodiesel), la masa total que no presentó reacción (glicerol) será mayor, a consecuencia del aumento de partículas contaminantes.

Se observa que el aceite de girasol reutilizado presentó un rendimiento de biodiesel de 88,15 %, y el aceite de soja reutilizado 88,00 %, aunque no se verificaron diferencias significativas entre ellos. Los resultados obtenidos fueron satisfactorios, cuando comparados con los de Pierdoná (2011) y Ferrari *et al.* (2003), que fueron de 77,5 % y 57 %, para el biodiesel de girasol y soja en reacción etílica, respectivamente.

Para los aceites *in natura* de girasol y soja, la tasa de conversión presentó un rendimiento de 100 %. Esta alta rentabilidad puede estar relacionada al grado de pureza de estos aceites, ya que, por no haber estado en contacto con alimentos durante el proceso de fritura, no hubo adición de partículas contaminantes, no interfiriendo, de esta forma, en

la proporción del producto final. Bernardes *et al.* (2007) y Pighinelli (2010) obtuvieron una proporción de biodiesel utilizando aceite *in natura* de soja igual a 63 % y 97,2 %, respectivamente, en reacción etílica con uso de catalizador (KOH). Por otro lado, Pighinelli (2010), Nunes *et al.* (2009) y Chaves (2008) obtuvieron rendimiento de biodiesel utilizando aceite *in natura* de girasol de 94,4 %, 90 % y 75 %, respectivamente, también en reacción etílica con uso de catalizador KOH.

De acuerdo con los resultados obtenidos, se verifica que existe viabilidad en la producción de biodiesel a partir de aceites de frituras reutilizados, una vez que la proporción obtenida fue significativa.

Prueba a campo en horas máquina

Los resultados obtenidos en el campo en horas máquina fueron considerados satisfactorios. El promedio de consumo obtenido con el biocombustible proveniente de aceite de soja no presentó diferencia significativa, comparado con el obtenido con diesel. El consumo obtenido por el biodiesel de girasol mostró desempeño inferior a los demás aceites evaluados (Cuadro 2).

Estos comportamientos en consumo de horas máquina demuestran que el biodiesel producido con aceite reutilizado presentó un consumo semejante al obtenido con el diesel. De esta manera, se comprobó la viabilidad de utilización en maquinaria agrícola.

Cuadro 2. Promedio de horas máquina con utilización de biodiesel proveniente de aceite de soja y girasol reutilizado y testigo (diesel).

Tratamiento	Promedio	Desvío estándar
Biodiesel de girasol	5,75 b	0,23
Biodiesel de soja	6,20 a	0,10
Diesel	6,00 a	0,26
CV (%)	1,37	

Promedios seguidos por la misma letra no difieren entre sí por la prueba de Tukey a 5 % de probabilidad.

Es importante enfatizar que el valor promedio de consumo para el biodiesel de soja fue de 6,2 L/hora máquina trabajada, debido al servicio desempeñado durante el periodo en que fue sometido a prueba, principalmente prácticas de laboreo de suelo, que exigen gran esfuerzo del motor y elevan el consumo. Una situación semejante se observó durante el periodo de prueba con diesel, donde se obtuvo un promedio de consumo de 6,0 L/hora máquina trabajada, en servicios de laboreo del suelo y arrastre de troncos, que exigen también un gran esfuerzo del motor.

Para el biodiesel de girasol, el promedio de consumo obtenido fue de 5,75 L/hora máquina trabajada. Las prácticas desempeñadas durante el periodo de prueba fueron de menor esfuerzo para el motor, como transporte de forraje y servicios de limpieza en general, con esto, el motor no fue sometido a situaciones que le exigieran gran esfuerzo.

Cunha *et al.* (2011) con un tractor New Holland, modelo TT 4030 de 75 cv, utilizando mezcla de 5 % de biodiesel de soja (B5), obtuvo mayor consumo (8,5 L/hora máquina trabajada), con prácticas pesadas como laboreo del suelo. Fiorese *et al.*, (2012) estableció un modelo de consumo con un tractor Massey Ferguson, modelo 275 (75cv) 4 x 2, año 1996, motor cuatro tiempos, con aspiración natural e inyección directa de combustible, que desempeñó ensayos en dinamómetro a una rotación de servicio de 1200 rpm, correspondiente a alto esfuerzo del motor, con un consumo de 9 L/horas máquina trabajada.

Analizando las prácticas desempeñadas por el tractor durante los ensayos experimentales, se pudo verificar que el biodiesel obtenido con aceite de soja reutilizado presentó desempeño semejante al diesel, indicando que su producción y utilización en máquina agrícola puede ser una alternativa posible.

Conclusiones

La producción de biodiesel a partir del aceite reutilizado fue eficiente, con una proporción de 88,00 % para soja y 88,15 % para girasol. Los aceites *in natura* obtuvieron 100,00 % de eficacia en la producción de biodiesel.

En las pruebas de horas máquina, el biodiesel proveniente de aceite de girasol reutilizado tuvo un promedio de consumo de 5,75 L/horas máquina, lo cual presentó diferencia significativa con el biodiesel de soja (6,20 L/hora) y el diesel (6,00 L/hora).

El biodiesel proveniente del aceite de fritura presenta viabilidad de producción, así como potencial para ser utilizado en maquinaria agrícola, exhibiendo un desempeño semejante al del combustible producido con petróleo.

Agradecimientos

Al Consejo Nacional de Iniciación Científica (CNPq) por el auxilio remunerado de Iniciación en Pesquisa Científica y Tecnológica al primer autor. A los establecimientos comerciales por el abastecimiento de aceites residuales de fritura para la producción de biodiesel. A la Universidad del Oeste de Santa Catarina – UNOESC, Campus Aproximado de San José del Cedro, por la disponibilidad de materiales y de la estructura para la realización de los ensayos de laboratorio y campo.

Bibliografía

- Barbosa GN, Pasqualetto A. 2007. Aproveitamento do Óleo Residual de Fritura na Produção de Biodiesel [En línea]. Goiânia: Universidade Católica de Goiás. pp. 01 – 18. Consultado 23 junio 2015. Disponible en: <http://www.ucg.br/ucg/prope/cpgss/ArquivosUpload/36/file/APROVEITAMENTO%20DE%20%C3%93LEO%20RESIDUAL%20DE%20FRITURA%20NA%20PRODU%C3%87%C3%83O%20DE%20BIODIESEL.pdf>.
- Bernardes OL, Langone M, Merçon F. 2007. Produção de biodiesel através da transesterificação do óleo de soja via química enzimática [En línea]. En: XI encontro da SBO- Rio de Janeiro; 29 - 31 octubre, 2007; Rio de Janeiro, Brasil. Consultado 12 junio 2015. Disponible en: <http://www.uff.br/sbqriouff/Arquivos%20link/Resumos/PO20%2009%20Resumo%20P131.pdf>.
- Brasil. Ministério de Minas e Energia. 2010. Biodiesel: Programa Nacional de Produção e Uso de Biodiesel. Consultado 16 julio 2015. Disponible en: http://www.mme.gov.br/programas/biodiesel/menu/programa/objetivos_diretrizes.html.
- Carvalho NC, Bortolini JG, Barcellos AL. 2015. Biocombustíveis: uma opção para o desenvolvimento sustentável. *Revista Gestão e Desenvolvimento em Contexto*, 8(1): 34 - 50.
- Chaves ATCA. 2008. Otimização do processo de produção de biodiesel etílico de óleo de girasol (*Helianthus annuus*) aplicando delineamento composto central rotacional (DCCR) [Tesis de maestría. En línea]. Paraíba: Universidade Federal de Paraíba. 67p. Consultado 1 junio 2015. Disponible en: http://www.quimica.ufpb.br/posgrad/dissertacoes/Dissertacao_Aniger_Chaves.pdf.
- Cunha JPB, Elton FR, Ródney FC, Vandoir H, Daniel ML. 2011. Efeito de diferentes concentrações de biodiesel no desempenho de um trator em operação de preparo do solo [En línea]. *Revista Agrotecnologia*, 2(2): 53 - 67. Consultado 14 junio 2012. Disponible en: <http://www.revista.ueg.br/index.php/agrotecnologia/article/view/218>.
- Ferrari RA, Oliveira V, Da S, Scabio A. 2003. Biodiesel de Soja: Taxa de conservação em Ésteres Etilícos, Características Físico-químicas e Consumo em Gerador de Energia. *Revista Química Nova*, 28(1): 19 - 23.
- Fiorese DA, Dallmeyer AU, Romano LN, Schlosser JF, Machado PRM. 2012. Desempenho de um motor de trator agrícola em bancada dinométrica com biodiesel de óleo de frango e misturas binárias com óleo diesel. *Ciência Rural*, 42(4): 660 - 666.
- Knothe G. 2006. Estabilidade a Oxidação do Biodiesel. En: Knothe G, Gerpen JV, Krahl J, Ramos LP. [Eds.]. Manual de biodiesel. São Paulo: Blucher. pp. 133 - 138.
- Lima PCR. 2005. Biodiesel: Um Novo Combustível para o Brasil [En línea]. Brasília: Câmara dos Deputados. Consultado 15 junio 2015.

- Disponível em: http://www.mme.gov.br/programas/biodiesel/galerias/arquivos/biodiesel/cartilha_biodiesel_portugues.pdf.
- Lopes TN, Bela VA, Formigoni A, Rodrigues EF, Campos IPA.** 2011. Gestão do Uso de óleo de Cozinha para Produção de Biodiesel : Estudo de Caso McDonald's [En línea]. Consultado 23 junio 2015. Disponível em: http://www.advancesincleanerproduction.net/third/files/sessoes/5A/7/Lopes_TN%20-%20Paper%20-%205A7.pdf.
- Nunes JC, Amanda SP, Sandra EVC, João IS.** 2009. Estudo do processo de produção para o biodiesel de girassol [En línea]. En: VIII Congresso Brasileiro de Engenharia Química em Iniciação Científica; 27 - 30 julho, 2009; Uberlândia, Minas Gerais, Brasil. Consultado 22 junio 2015. Disponível em: <http://www.cobeqic2009.feq.ufu.br/uploads/media/98920711.pdf>.
- Pierdoná CA.** 2011. Obtenção e caracterização do biodiesel a partir de óleo bruto de girassol e óleo residual [Tesis de grado]. Videira : Universidade do Oeste de Santa Catarina. 85p.
- Pighinelli ALMT.** 2010. Estudo da extração mecânica e transesterificação etílica de óleos vegetais [Tesis de doctorado. En línea]. Campinas : Universidade Estadual de Campinas. 222p. Consultado 15 junio 2015. Disponível em: <http://www.alice.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/882711/1/AnnaLeticiaMontenegroTurtelliD.pdf>.
- Rathmann R, Benedetti O, Plá JA, Padula AD.** 2005. Biodiesel : Uma alternativa estratégica para a matriz energética brasileira?. En: II Seminário de Gestão de Negócios; 2005; Curitiba, Brasil. Curitiba : UNIFAE. pp. 1 - 20.
- Sven OG, Reinhardt GA.** 2006. Implicação ambiental do biodiesel (análise do ciclo de vida). En: Knothe G, Gerpen JV, Krahl J, Ramos LP. [Eds.]. Manual de biodiesel. São Paulo : Blucher. pp. 242 - 255.