



PRODUCCIÓN DE BIODIÉSEL A PARTIR DE ACEITES USADOS DE COMERCIOS EN MÉXICO: ESTUDIO DE CASO UNAM CAMPUS MORELIA

INFORME FINAL, PERIODO OCT 2018 – OCT 2019

Grupo de Trabajo

Omar Masera Cerutti (responsable)
Emilio Arenas Guerrero
Georgina Sandoval
Stephanie Michelle Villafán Cáceres
Alejandra Castro González
Longoria Hernández
Alfredo Fuentes

20/11/2019

Contenido

Resumen.....	1
Antecedentes.....	2
Problemática.....	3
Justificación.....	3
Objetivos y Alcances.....	4
Metodología.....	5
Resultados.....	6
Conclusiones.....	14
Referencias.....	15
Anexos.....	16

Listado de figuras

Figura 1 Comercios en donde se realizaron encuestas relacionadas al manejo y potencial de uso de aceites de cocina usados.....	8
Figura 2 Resultados de encuestas relacionadas al manejo y potencial de uso de aceites de cocina usados.....	9
Figura 3 Caracterización de aceites usados de diversos comercios en Morelia.....	11

Listado de Tablas

Tabla 1. Potencial de aceites usados de cocina y escenarios para el autoconsumo en el transporte UNAM (PUMABUS).....	7
Tabla 2. Análisis de Calidad de Biodiésel bajo diferentes métodos de purificación final.....	12
Tabla 3. Insumos y Costos para el proceso de producción de Biodiésel.....	12
Tabla 4 . Gastos Asociados al proceso de producción de Biodiésel.....	13
Tabla 5. Entradas y salidas del Sistema de producción de Biodiésel y Costos asociados...19	
Cuadro 6. Afectaciones identificadas hacia los animales.....	21

Resumen

El aumento en el consumo de crudo a nivel mundial contribuye a impactos severos en el medio ambiente tales como el calentamiento global. Como una alternativa, el biodiésel reduce la dependencia de combustibles fósiles y por lo tanto contribuye a la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero. En este estudio se determinó que el Campus UNAM Morelia tiene un potencial de sustitución de diésel a biodiésel entre 4% y 20%. Se observó que las características de los aceites residuales de comercios cercanos son viables para la transformación a biodiésel y con ello pueden contribuir hasta para una sustitución del 100%. La calidad de biodiésel producido en el Instituto cumple la mayoría de los parámetros más importantes de las normas de calidad tanto americanas (ASTM D5671) así como los lineamientos nacionales. El costo de producción por litro de biodiésel fue de \$10.73 pesos, el cuál puede disminuir si existen mejoras en el proceso productivo, pero aún así sigue siendo competitivo frente al Diésel convencional.

Antecedentes

El aumento en el consumo de crudo a nivel mundial contribuye a impactos severos en el medio ambiente tales como el calentamiento global [1]. Como una alternativa, el biodiesel reduce la dependencia de combustibles fósiles y por lo tanto contribuye a la reducción de gases de efecto invernadero. El proceso de producción más utilizado es la transesterificación, una reacción química entre un éster en presencia de un alcohol y un catalizador. El resultado de la reacción es conocido como etíl-éster o metíl-éster y glicerina. Las materias primas más utilizadas aún provienen de aceites comestibles tales como, aceite de soya, canola y palma. Para evitar la competencia entre la demanda energética y alimenticia, en los últimos años se han investigado materias primas que no sean aptas para consumo humano [2]. Si bien dichas materias primas eliminan el debate energía-alimento, aún demandan grandes extensiones de tierra cultivable. Tal es el caso de la *Jatropha*, *Jojoba*, *Linaza*, *Karanja*, *higuerilla*, *tabaco*, entre otros [3]. Otra fuente importante para la producción de biodiesel es el aceite usado de cocina, que dentro de sus ventajas incluye el no demandar extensiones de tierra cultivable, disminuye los costos de producción, así como da respuesta al manejo y tratamiento del aceite residual [4]. Sajid et. al 2016 estudiaron los impactos ambientales entre el uso de aceite de *Jatropha* y Aceite residual de cocina, mediante un análisis de ciclo de vida, encontrando que, al utilizar el segundo, se reduce en un 74% menos el impacto ambiental. Principalmente por la disminución en la demanda de la materia prima, el uso de tierra, de fertilizantes, así como el tiempo de crecimiento de la planta. Sin embargo, el uso de aceite residual de cocina requiere una logística de transportación muy demandante, así como la utilización de mayores cantidades de químicos. Por lo que la decisión radica principalmente en el análisis económico del proceso a utilizar [5].

Área del Proyecto

El proyecto propuesto incluye dos líneas prioritarias de investigación del PINCC dentro del rubro de Energía: busca aportar investigación referente al análisis de energías alternativas y cambios tecnológicos para México. Así como metas de desarrollo sustentable institucionales que sirvan como ejemplo local en cuanto al manejo responsable de residuos (aceites usados) y transformación de estos con el objetivo de disminuir las emisiones del transporte.

Justificación

En México es urgente el desarrollo e implementación de procesos dirigidos a la producción de biocombustibles. Asimismo, la implementación de programas de recolección de aceites usados provenientes de restaurantes es crucial para dar solución a los problemas ambientales que genera el manejo de dicho recurso. Por otro lado, los elevados precios de los combustibles fósiles a nivel nacional han abierto la posibilidad para que los biocombustibles, en particular el biodiesel, sea cada vez más una realidad. Para el Instituto en Investigaciones en Ecosistemas y Sustentabilidad IIES UNAM, el proyecto es una gran oportunidad no sólo para el desarrollo científico y tecnológico sino para realizar sinergia entre comercios-gobierno y academia que den pauta para la industria de los biocombustibles a nivel regional y nacional. Este estudio pretende analizar los aspectos técnicos, ambientales y económicos del proceso de producción. Retos a los que se enfrenta el desarrollo de la industria de biodiésel en todo el país.

Objetivos

OBJETIVOS GENERALES

Producir, caracterizar y evaluar la factibilidad tecno-económica del proceso de transesterificación de aceites usados de restaurantes para su utilización como biocombustible (biodiésel) para el transporte Institucional.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Determinar el potencial institucional de recolección interna de aceite de cocina usado.
- Evaluar el potencial de recolección externo en medianos y pequeños comercios en las proximidades del instituto.
- Clasificar y caracterizar los aceites residuales tanto internos como externos.
- Realizar el proceso de transesterificación a dichos aceites para su conversión a biodiesel.
- Realizar las pruebas de calidad según las especificaciones americanas y/o europeas.
- Analizar los costos asociados al proceso global de producción, así como su factibilidad para su posible implementación en el mercado.

ALCANCES

- Obtener un proceso normalizado para la reutilización y conversión de dichos aceites con fines bioenergéticos.
- Dar respuesta al problema ambiental que enfrenta el manejo incorrecto de aceites residuales.
- Determinar las ventajas y desventajas en la utilización de dichos aceites en un programa local de producción de biodiesel.
- Impulsar el desarrollo de los biocombustibles, en específico el biodiesel, tanto institucional como local que permee en otras universidades, centros de investigación, industrias etc.

Metodología

POTENCIAL INSTITUCIONAL DE RECOLECCIÓN

Para el caso del gasto de combustible de las dos unidades de transporte universitario, se solicitó la información del gasto de gasolina de ambas. De esa manera se estimó el volumen consumido semanalmente. Del mismo modo, se solicitó información en ambos comedores institucionales sobre la cantidad de aceite que cada uno recolectaba al cabo de 15 días. De esta forma se puede estimar el potencial de sustitución o fracción de sustitución de diésel por biodiésel, únicamente institucional.

POTENCIAL DE RECOLECCIÓN EXTERNO EN MEDIANOS Y PEQUEÑOS COMERCIOS EN LAS PROXIMIDADES DEL INSTITUTO.

A manera de conocer la dinámica de producción, manejo y disposición final de los aceites de cocina generados por pequeños y medianos comercios de Morelia, se realizaron encuestas a alrededor de 60 comercios dentro de la zona del centro de la ciudad.

CLASIFICACION Y CARACTERIZACION DE LOS DIFERENTES ACEITES RESIDUALES (INSTITUCIONALES Y EXTERNOS)

Únicamente a los comercios dispuestos a donar a la UNAM se les solicitó aproximadamente medio litro de sus aceites residuales para ser analizados en el laboratorio. Estos análisis fueron básicamente determinar su Valor Ácido, así como el porcentaje de ácidos grasos libres. Estos valores nos permitirán saber la calidad del aceite a tratar, así como el tipo de proceso que deberá realizarse para la producción de biodiésel. Además de los análisis, se clasificaron los tipos de aceite en tipo de negocio o comida.

REALIZAR LAS PRUEBAS DE CALIDAD SEGÚN LAS ESPECIFICACIONES AMERICANAS Y/O EUROPEAS

Una vez realizado el proceso de producción de biodiésel se enviaron muestras al Clúster de Biodiésel Avanzado del CIATEJ en Guadalajara Jalisco en donde se analizaron las propiedades fisicoquímicas del biodiésel tomando como referencia las normas americanas (ASTM D6751) y europeas (EN14214).

COSTOS ASOCIADOS AL PROCESO GLOBAL DE PRODUCCIÓN

Se realizaron las estimaciones de costos en función de un balance de masa (insumos requeridos) así como un gasto energético de la planta piloto para elaborar un litro de biodiésel. Se tomaron dos escenarios, el primero únicamente tomando en cuenta la recolección institucional. Y el segundo sumando la colecta externa de los comercios donantes.

Resultados

DIAGNÓSTICO DEL POTENCIAL INSTITUCIONAL PARA SATISFACER PARTE DE LA DEMANDA DE DIESEL EN LOS CAMIONES PUMABUS

En la Tabla 1 se presenta el potencial de producción de aceite y por lo tanto de biodiésel, si es que se quisiera desplazar parte de la demanda de petrodiesel. Se solicitó información sobre el gasto en combustible semanal por parte del PUMABUS, así como la información en las cafeterías sobre el sobrante de aceite de cocina. Únicamente con la cafetería de la ENES, se recolectarían 40 L de aceite al mes. Mientras que el PUMABUS gasta alrededor de 53L al día. Con esto, se podría satisfacer alrededor de un 4% de biodiésel y un 96% de petrodiesel o B4.

También se muestran diferentes escenarios desde un 5% a un 100% de biodiésel. Este escenario deberá satisfacerse mediante apoyo de la ENES y comercios cercanos a la UNAM. Estos comercios deberán aportar desde 59 a 1200 litros aproximadamente , al mes.

En otro escenario, se plantea que la cafetería de la ENES, como la comunidad universitaria participe en la colecta de aceites de manera individual. Con participaciones que van del 25% al 100% de la comunidad, considerando 1600 personas y un volumen de desecho de 100 ml por persona al mes. En este escenario se podría cubrir desde un 8% hasta casi un 20% de biodiésel para el PUMABUS.

Recolección de la Cafetería ENES	40 L	mes			
Consumo PUMABUS	53 L	día			
Se podría satisfacer un	3.8 %	aprox B4			
Para lograr					
	L/día	L/15 días	L/mes		
B5	3	29	59	A partir de Comercios Externos	
B10	6	59	118		
B20	12	118	236		
B100	59	589	1178		
Participación UNAM Campus Morelia					
Consideraciones	1600 personas				
Recolección	100 ml/mes				
Participación	L/mes	Cafetería	Total UNAM	Mezcla	
25%	40	40	80	8	B8
50%	80	40	120	11	B11
75%	120	40	160	15	B15
100%	160	40	200	19	B19

Tabla 1. Potencial de aceites usados de cocina y escenarios para el autoconsumo en el transporte UNAM (PUMABUS)

DETERMINACIÓN DE RUTAS DE RECOLECCIÓN CERCANAS AL INSTITUTO, ASÍ COMO LA EVALUACIÓN DEL POTENCIAL DE RECUPERACIÓN DE ACEITE

Se identificaron diferentes pequeños comercios a lo largo del Centro de Morelia y se establecieron rutas de recolección, así como encuestas para determinar el manejo y el potencial de aceite usado. En la Figura 1 se muestra la localización de diferentes comercios en Morelia. En rojo están los comercios que no están dispuestos a donar su aceite a la UNAM, en amarillo los probables, y en verde los que si están dispuestos a donar.



Figura 1. Comercios en donde se realizaron encuestas relacionadas al manejo y potencial de uso de aceites de cocina usados.

Entre los posibles donadores y los que sí están dispuestos a donar se obtendría un total de 230 L por semana:

Probablemente	9	148 L
Si	11	81 L

Si tomáramos en cuenta únicamente los comercios donadores (81 litros a la semana), y sumando los 40 litros de la ENES. Obtendríamos una mezcla Biodiésel/Diésel de 25%/57% (B25), aproximadamente. En un supuesto de que los comercios probables también donaran a la UNAM obtendríamos una mezcla de combustible B65.

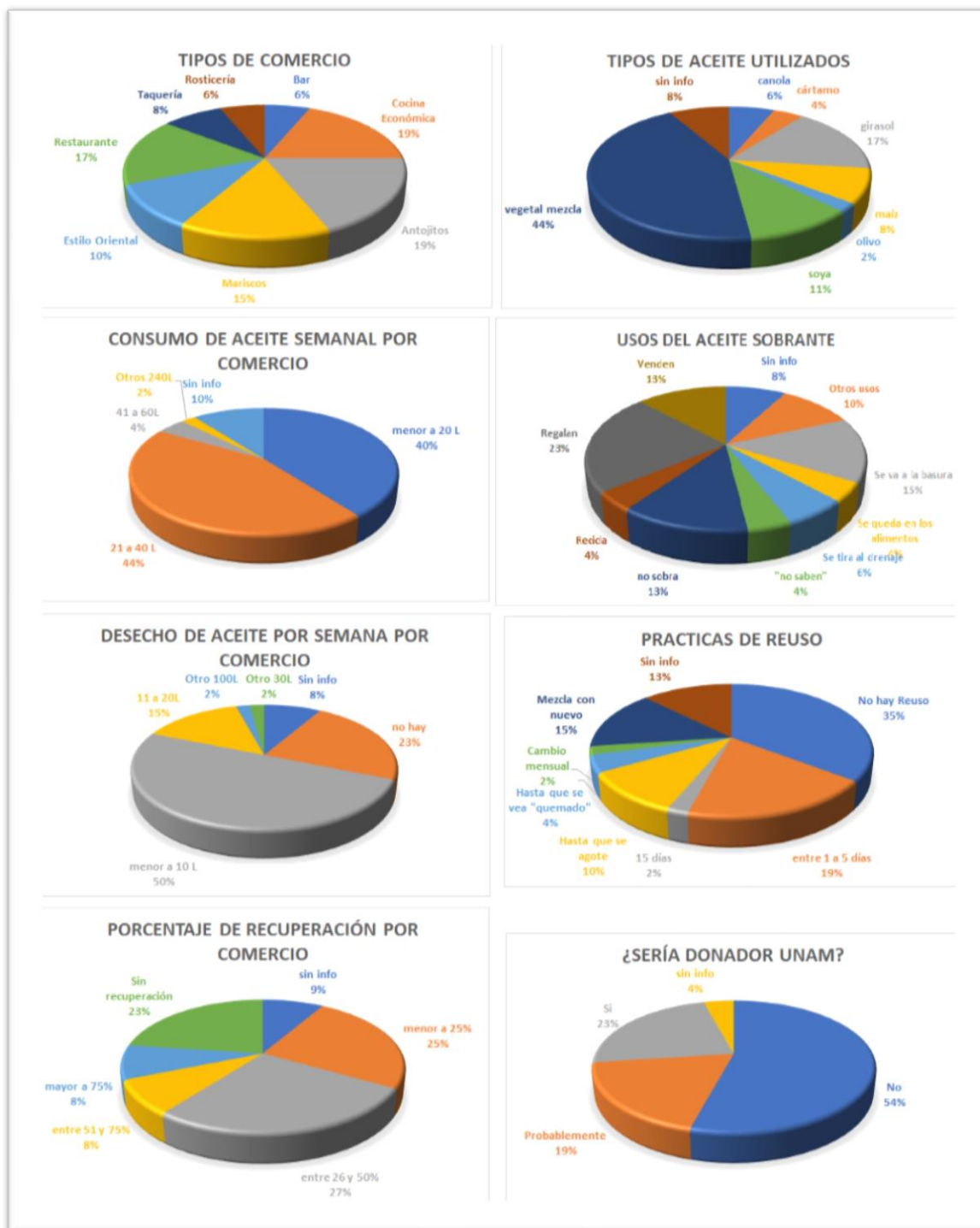


Figura 2. Resultados de encuestas relacionadas al manejo y potencial de uso de aceites de cocina usados.

En la figura 2 se observan los resultados de las encuestas realizadas a los diferentes comercios de la zona centro de Morelia, en donde se puede observar que la clasificación en tipos de comercios está balanceada entre los diferentes productos alimenticios que se ofrecen. Una gran mayoría consume entre 20 y 40 litros por semana, pero casi la otra mitad tiene bajos consumos, menores a 20L, por lo que estamos hablando de comercios pequeños y medianos. La razón de esto es justamente evidenciar que muchos de estos locales no están regulados en cuanto a sus consumos y disposición final.

Entre los tipos de aceite más comunes son los vegetales y por economía se prefiere la mezcla de diversas fuentes de aceites vegetales. Un aspecto relevante para esta investigación es observar que alrededor del 30% de los comercios contamina agua y suelo por una mala disposición final del mismo. Punto medular de esta propuesta al utilizar aceites de cocina usados como fuente de biodiésel. Otro punto destacable es que alrededor de una cuarta parte de los comercios regala dichos aceites, que muchas veces pueden ser para un nuevo proceso de producción de alimentos para humanos y animales. Esto puede ser un gran problema en sector relacionado a la salud pública.

Dentro de la fracción de recuperación de aceite, en promedio, los comercios desechan un 40% del aceite que consumen, algunos otros entre 50 y 70%, lo cuál es un porcentaje considerable ya que algunos estudios para la República Mexicana establecen para sus estimaciones del potencial nacional entre 10% y 30% un valor que queda muy bajo y que podría replantearse. Entre un 70% de los comercios no reutiliza o cambia frecuentemente de aceite, lo cual es una buena actividad que se refleja también en los análisis de calidad del aceite. De los comercios que no donarían al Instituto es debido a que ya lo venden a otra empresa que se dedica a la producción de biodiésel, o jaboneras o también por que lo venden, sin embargo, algunos comercios que tiran el aceite o lo reglana, sí están dispuestos a cambiar sus prácticas y donar sus residuos.

ESTABLECER LAS CARACTERÍSTICAS FISICOQUÍMICAS DE UNA MEZCLA DE ACEITES PARA SU TRANSFORMACIÓN DENTRO DE LA PLANTA DE BIODIESEL DEL INSTITUTO

Además de las encuestas, se les pidió a los comercios dispuestos a donar una muestra de sus aceites de cocina de desecho. Se analizaron en laboratorio para determinar la calidad de los mismo y así poder determinar si son susceptibles a un proceso de transesterificación para la conversión a biodiésel. En la Figura 3 se muestra el porcentaje de ácidos grasos libres para cada muestra de aceite de los diferentes comercios. El porcentaje de AGL indica la calidad del aceite y que tan eficiente puede ser su conversión, por vía alcalina, a biodiésel. Para realizar la transesterificación (KOH + metanol) es recomendable tener un %AGL menor al 1%. Lo cual la mayoría de los comercios lo cumple, existen otros que son muy elevados, esto se debe a la reutilización y calentamiento en exceso de los aceites. Un punto importante que se observó es que la mezcla de aceites puede ayudar a disminuir el porcentaje de ácidos grasos libres, lo que facilita el proceso a nivel industrial o planta piloto.

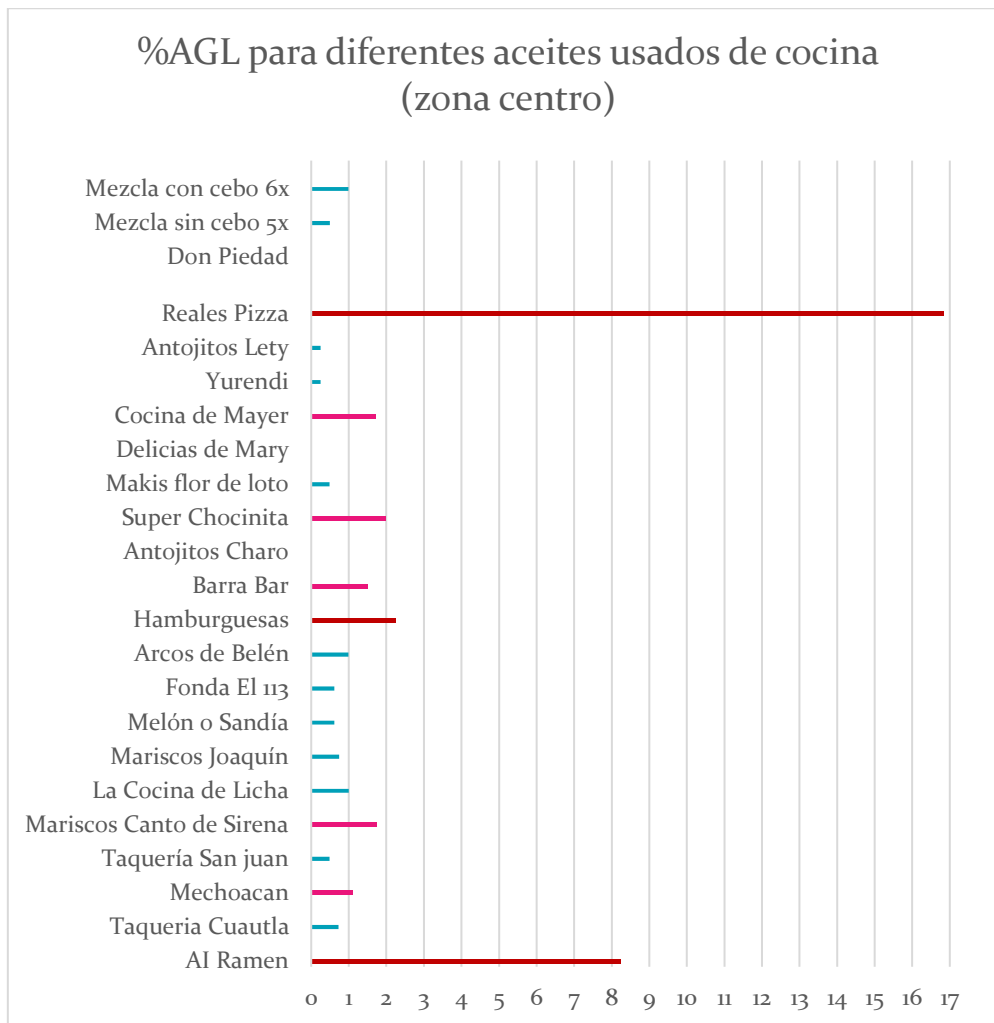


Figura 3. Caracterización de aceites usados de diversos comercios en Morelia

En la Tabla 2 se muestran los resultados de los análisis de calidad de biodiésel luego de ser purificados bajo medios convencionales (Magnesol y Amberlita) y métodos no convencionales utilizando aserrín como adsorbente orgánico. Si bien la norma abarca cerca de 20 parámetros que deben ser cumplidos para que el combustible sea comercializado y utilizado, aquí se presentan los parámetros iniciales o críticos con los que se comienza la evaluación de calidad.

El valor ácido está relacionado con impurezas, degradación y/o oxidación del combustible. Un proceso de producción inadecuado o alto coeficiente de oxidación puede causar que este valor se incremente. Estos procesos oxidativos también están relacionados con los depósitos y corrosión del sistema de combustión del motor.

El valor de glicerina libre indica el nivel de subproducto de glicerina que permanece en el biodiésel. La glicerina total mide las cantidades de grasas y aceites que no fueron convertidos o están parcialmente convertidos. Los niveles excesivos de estos componentes pueden provocar la obstrucción del tanque de almacenamiento y del sistema de filtración, junto con la contaminación del motor.

La contaminación por agua y sedimentos puede contribuir al taponamiento del filtro y al desgaste del sistema de inyección de combustible. Estos contaminantes también pueden conducir a un aumento en la corrosión del motor.

Tabla 2. Análisis de Calidad de Biodiésel bajo diferentes métodos de purificación final

Columna1	Valor Ácido (mg KOH/g)	Glicerina Libre (%)	Glicerina total (%)	Contenido de Humedad(%)
Biodiésel sin Purificar	0.671	0.017	0.363	0.0510
Magnesol	0.444	0.006	0.385	0.0681
Amberlita	0.668	0.006	0.407	0.0427
Aserrín	0.459	0.015	0.322	0.0453
Límites ASTM D6751	0.500	0.02	0.24	0.0500

COSTOS ASOCIADOS AL PROCESO GLOBAL DE PRODUCCIÓN

Para este análisis se tomaron en cuenta las notas de compra de todos los insumos relacionados al proceso de producción: Metanol , Hidróxido de Potasio (KOH), Aserrín para el filtrado y los gastos energéticos de la planta de Biodiésel , ver Tabla 3. En el caso del aceite residual no se le asigna ningún costo ya que la adquisición es por donación.

Tabla 3. Insumos y Costos para el proceso de producción de Biodiésel

Insumos	Costo	
Metanol	\$ 19.79	L
KOH	\$ 56.00	kg
Aceite	\$ -	L
Aserrín	\$ 10.00	kg
Energía Eléctrica	\$ 1.15	kwh

Para un primer escenario en donde únicamente se recolectan los residuos de los comedores institucionales, se midieron las distancias desde el punto de recolección al punto de almacenamiento cercana a la planta de producción, así como el gasto por gasolina del vehículo que podría realizar dicha colecta, ver Tabla 4.

Tabla 4. Gastos Asociados al proceso de producción de Biodiésel

Recolección gasto	\$	5.94	40 L/mes
Gasto por litro de recolección	\$	0.15 L	
Gasolina			
mes		2.8 km	
Gasolina Magna	\$	21.20 L	
Rendimiento Vehículo		10 km/L	

Se analizaron las entradas y salidas del sistema de producción de Biodiésel y se asociaron los gastos correspondientes para los diferentes insumos. Tomando en cuenta algunos factores como la eficiencia de conversión en el proceso de transesterificación. Así como las cantidades de aserrín para el sistema de purificación final. En la Tabla 5 se muestran los productos y coproductos finales del proceso de producción de biodiésel, es importante señalar que, para este caso, y debido a que la planta de producción aún no está acondicionada para la recuperación de metanol postproceso, se está suponiendo que los 29,5 L que no reaccionan durante el proceso se pierden. Por ello el costo de producción se eleva. Ya que, si hubiera un sistema de condensación y purificación de metanol, esta cantidad, o al menos la mayor parte podría volver al proceso, logrando un costo de producción aún menor. Tampoco se está tomando en cuenta la venta de Glicerina, así como la purificación de esta ya que también requiere de un sistema especializado para ello, que bien podría bajar el costo o aumentarlo. No está definido para este sistema.

Para el caso en donde el aceite se recolectará fuera del instituto, se trazó una Ruta de recolección que de ida y vuelta suman tan solo 40km de recorrido lo que implicaría subir \$50 centavos al costo final por litro de aceite recolectado, lo anterior por gasto de gasolina.

Tabla 5. Entradas y salidas del Sistema de producción de Biodiésel y Costos asociados

Producción de 80 L de Biodiésel			
Entradas			
Aceite	80 L		0
KOH			
1% w/w	0.7328 kg	\$	41.04
Metanol	38.25 L	\$	756.97
Reacción	10 L		
Purificación Aserrín 5%	3.664 kg		36.64
Volumen del Lote	118.25 L		
Salidas			
Biodiésel	72 L		
Aceite no convertido TG, MG, DG/impurezas	8 L		
Metanol	29.25 L		
Glicerina	118.25 L		
Volumen Total	227.5 L		
Energía planta de producción y Gasolina			
	10 kwh	\$	11.50
Recolección 80 L		\$	11.87
		Total Proceso	\$ 858.02
		Costo por Litro	\$ 10.73

Conclusiones

Con este trabajo se pudo determinar que el Campus Morelia puede aportar desde un 5% hasta un 20% de biodiésel para el transporte universitario. Mezcla que es internacionalmente utilizada por diversos países que ya tienen estaciones de Biodiésel para el transporte.

Es necesario implementar una segunda fase de difusión para que la comunidad participe y sepa en dónde puede depositar o enviar su aceite dentro del Campus. Para ello se requiere alguna zona establecida para dicha colecta.

Existen pequeños comercios que pueden lograr cubrir, en su conjunto, hasta un 100% del transporte universitario, es decir que el potencial existe y únicamente se tienen que establecer mecanismos entre la Universidad y una lista de comercios que se comprometan a cambiar sus hábitos de disposición final. Para ello también es necesario crear una campaña de difusión y conciencia ambiental entre restaurantes que estén dispuestos a donar sus residuos.

En un alcance mayor, se pretende permear hasta las políticas públicas en relación con el manejo de aceites residuales de cocina usados. Y establecer los beneficios estatales que puede tener el uso de biodiésel en el transporte colectivo para la disminución de CO₂ proveniente del Diésel convencional. Qué a su vez, se establezcan mecanismos que incentiven a los comercios para que dejen de tirar, regalar, vender los residuos que potencialmente son tóxicos para el medio ambiente y la salud pública.

Si bien los análisis de calidad del biodiésel producidos cumplen las normas establecidas, aún es necesario establecer un procedimiento estandarizado en la planta de producción y asegurar el buen funcionamiento de los motores de los autobuses institucionales. Por el momento se puede concluir que la mezcla de 5% puede ser una garantía inicial para que se lleve a una etapa de implementación.

Se pudo observar que, desde el punto de vista de la investigación, los bio adsorbentes como el aserrín pueden contribuir a la purificación de biodiésel. Logrando así reducir el impacto ambiental en todo el proceso, así como los costos de producción.

Aún teniendo en cuenta que la planta con la que cuenta el instituto requiere ser modificada o bien reemplazada por otra, esto con el fin de mejorar la calidad del biodiésel final, así como disminuir los costos. Los costos de producción de este trabajo resultaron competitivos frente a los precios actuales de Diésel.

El metanol es el insumo más sensible del proceso, lo que hace que al no ser recuperado incrementa el costo final del biodiésel. Por lo que es necesario un equipo que pueda resolver este punto y así lograr una disminución considerable.

En cuanto a investigación, se detectaron algunas líneas que pueden aún desarrollarse en el área de producción de biodiésel:

- Ingeniería del proceso dentro de la planta piloto.
- Nuevos catalizadores para la producción de biodiésel de bajo costo

- Purificación de biodiésel con adsorbentes orgánicos de bajo costo y bajo impacto ambiental.
- Mejora continua para la calidad del biodiésel en la planta de producción del IIES-UNAM.

Referencias

- [1] A.M. Omer, Energy, environment and sustainable development, *Renew. Sustain. Energy Rev.* 12 (9) (2008) 2265e2300.
- [2] W.M.J. Achten, L. Verchot, et al., Jatropha bio-diesel production and use, *Biomass Bioenergy* 32 (12) (2008) 1063e1084.
- [3] K. Sahoo, L.M. Das, Process optimization for biodiesel production from Jatropha, Karanja and Polanga oils, *Fuel* 88 (9) (2009) 1588e1594.
- [4] A.N. Phan, T.M. Phan, Biodiesel production from waste cooking oils, *Fuel* 87 (17e18) (2008) 3490e3496.
- [5] Sajid, Zaman, Faisal Khan, y Yan Zhang. 2016. "Process simulation and life cycle analysis of biodiesel production". *Renewable Energy* 85:945-52.

ANEXOS

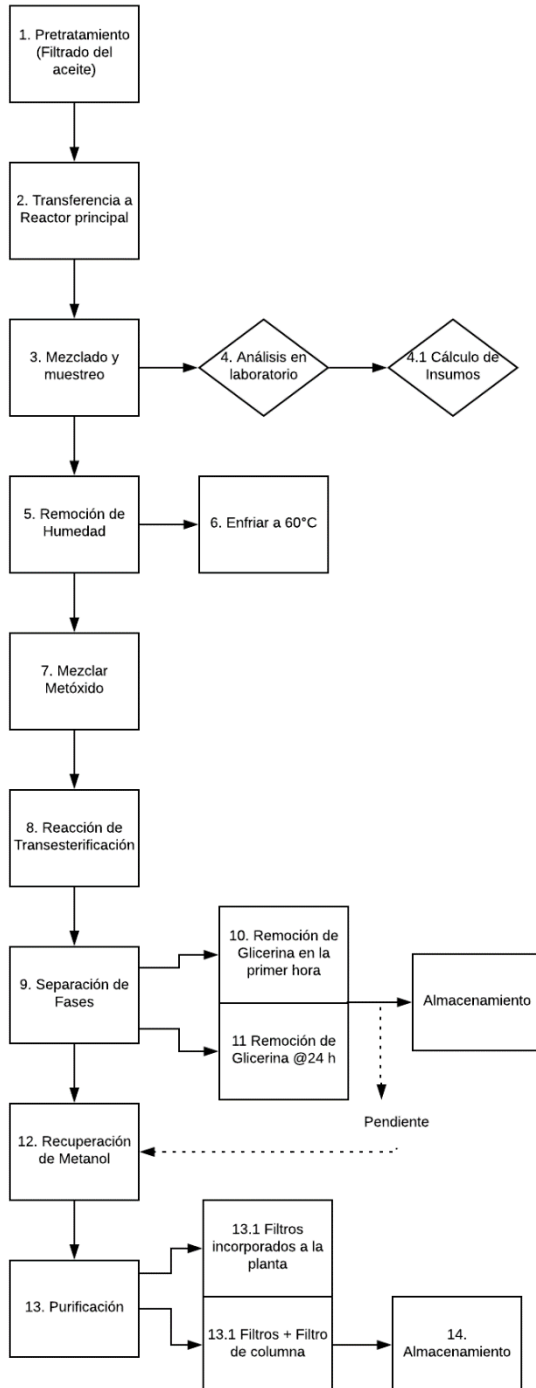
Laboratorio de Biodiésel y Agua

Con el recurso del proyecto PINCC UNAM se logró equipar, de manera básica, el laboratorio para realizar experimentos relacionados al procesamiento de aceites y producción de biodiésel.



Reporte técnico de la planta de biodiesel (primera aproximación)

1. Diagrama del proceso:



2. Breve Explicación de cada una de las etapas del proceso.

P.1. **Pretratamiento (filtrado de aceite)** - La mezcla de aceites de cocina deberán mezclarse y filtrar para remover materia orgánica suspendida.

P.2. **Transferencia Reactor Principal** - El aceite previamente filtrado se transfiere mediante la bomba de recirculación del sistema al reactor en donde se llevará a cabo la reacción de transesterificación.

P.3. **Mezclado y muestreo** - Se homogeniza la mezcla de aceites mediante la bomba de recirculación y se toman de 3 a 5 muestras en diferentes momentos para ser llevadas al laboratorio.

P.4 y 4.1 **Análisis en laboratorio** - Se determina el Valor Ácido y el porcentaje de Ácidos Grasos Libres. Variables necesarias para calcular la cantidad de catalizador y metanol que necesita el lote de aceite para ser transformado a biodiesel.

P.5 **Remoción de Humedad** - Se eleva la temperatura hasta ebullición del agua para evaporarla del biodiesel y no reaccione con el catalizador.

P.6. **Enfriar a 60°C** - Se deja enfriar hasta la temperatura de reacción óptima para la transesterificación entre 55 y 60 °C.

P.7. **Mezclar Metóxido** - Se pesan y miden el catalizador y el metanol según los cálculos del P.4.1 . Se añaden al reactor de mezclado hasta lograr una mezcla homogénea.

P.8. **Reacción de Transesterificación** - Se mezcla el metóxido y el aceite en el reactor principal para dar inicio al proceso de transesterificación.

P.9. **Separación de Fases** - Una vez pasado el tiempo de reacción se deja de recircular la mezcla y se espera a que la separación de fases de inicio.

P.10 y 11 **Remoción de Glicerina** - La mayor cantidad de glicerina se recupera en la primer hora , pero se espera hasta 24 horas para remover el resto.

P.12 **Recuperación de Metanol** - Una vez que la glicerina se removió del biodiesel, se calienta por encima de los 67°C para remover el exceso de metanol que aún existe en el reactor.

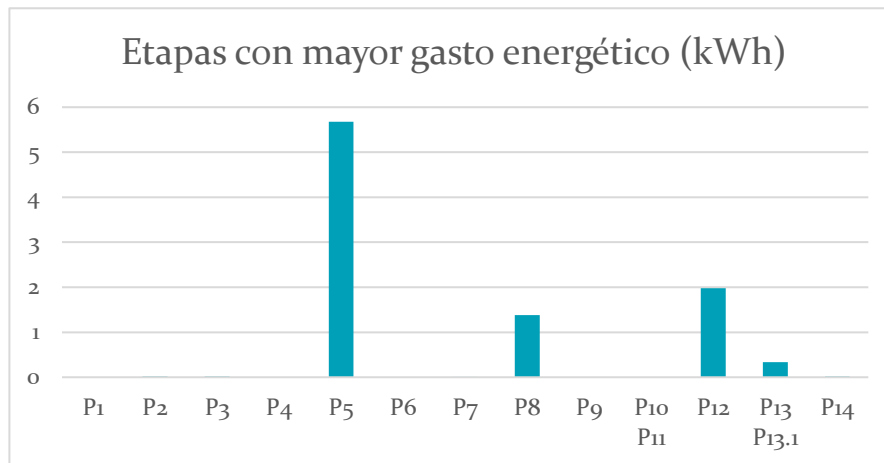
P.13 y 13.1 **Purificación** - Se filtra el biodiesel a través de los filtros de la planta y por un columna con la intención de remover, el exceso de agua, metanol , jabones, sales o glicerina que aún tenga el biodiesel.

3. Tiempos y gasto energético para un Lote de 70 Litros.

	<i>Etapa</i>	<i>Tiempo (min)</i>	<i>Gasto Energético (kWh)</i>
P1	Pretratamiento (filtrado de aceite)	20	manual
P2	Transferencia Reactor Principal	5	0.0185
P3	Mezclado y muestreo	5	0.0185
P4	Análisis en laboratorio		
P5	Remoción de Humedad	210	5.677
P6	Enfriar a 60°C		
P7	Mezclar Metóxido	5	0.005
P8	Reacción de Transesterificación	50	1.384
P9	Separación de Fases		
P10 P11	Remoción de Glicerina		
P12	Recuperación de Metanol	210	1.977
P13 P13.1	Purificación	90	0.333
P14	Almacenamiento (transferencia)	3.5	0.012
	Total	598.5	9.425
		58 horas *	

Algunas Consideraciones:

- Potencia de la bomba principal 370 W con una eficiencia del 60%
- Potencia de las resistencias 1 kW con una eficiencia del 70%
- Potencia de la bomba de mezclado del metóxido 90W con una eficiencia del 70%
- 48 horas por los tiempos en que se dejó evaporación del metanol (no recuperado) y la separación de fases (biodiesel-glicerina)



Observaciones:

Son necesarios más experimentos en planta para observar algunas características como:

- Curvas de calentamiento y enfriamiento con diferentes volúmenes.
- Curva y tiempo total para la recuperación total de metanol.
- Reducir tiempos entre etapas para agilizar la producción
- Tomar medidas del gasto energético, con un sistema de medición en tiempo real.

Sugerencias:

- Se sugiere realizar algunas mejoras al sistema de calefacción, por ejemplo, utilizando resistencias de mayor potencia o pensar en un sistema híbrido solar/eléctrico. Con la finalidad de reducir tiempos de proceso.
- Se sugiere un aislamiento a la tubería para evitar pérdidas térmicas en el sistema.
- Mejorar el sistema de sellado de la tapa del reactor para evitar fugas de metanol.
- Añadir un sistema de prefiltración de aceite, una columna con alguna resina que mejore la calidad del insumo.
- Reparar la columna de purificación y experimentar con algunas resinas, silicatos o virutas orgánicas como sistemas de lavado en seco para el biodiesel final.

Biodiesel dry purification using unconventional bio adsorbents

E.G.Arenas¹, Georgina Sandoval², S.M. Villafán³, Yetzin R.M.¹, J. Loyola³, O. Masera¹

1. Instituto de Investigaciones en Ecosistemas y Sustentabilidad, Av. Antigua Carretera a Pátzcuaro 8701, Col. Ex. Hacienda de San José de la Huerta 58190 Morelia Michoacán.
2. Centro de Investigación y Asistencia en Tecnología y Diseño del Estado de Jalisco. Av. Normalistas No. 800 Col. Colinas de la Normal C.P. 44270, Guadalajara, Jalisco.
3. Escuela Nacional de Estudios Superiores, Unidad Morelia, Av. Antigua Carretera a Pátzcuaro 8701, Col. Ex. Hacienda de San José de la Huerta 58190 Morelia Michoacán

corresponding: omasera@gmail.com

Keywords: *bio adsorbents, biodiesel, waste cooking oil, purification*

Abstract

In the biodiesel production process, the purification stage is essentially relevant, since to be marketed, impurities must be removed in order to compliance with current international standards. It is known that water washing process, although it is effective for impurities removal, it has a considerable water impact. On the other hand, dry washing by commercial resins or adsorbents requires large quantities of product as well as an adequate final disposition. In this study, different agroindustry waste were evaluated as bio adsorbents for the purification of biodiesel. That contribute to sustainable production processes including biodegradable waste which have a second end use and lower environmental impact. For this study residues such sawdust, coconut coir, nutshell, rice husk and water hyacinth fiber were used as bio adsorbents. The acid value, water content, free and total glycerin were taken as quality parameters, and they were compared with conventional purification methods such as Magnesol[®] and Amberlite[™] BD10 DRY[™]. The most relevant results were those that used sawdust for purification, achieving a 31.5% reduction in the acid value compared to unpurified biodiesel (0.46 mg KOH g⁻¹), a very similar value compared to Magnesol[®] and 31.2% more efficient than Amberlite[™] BD10 DRY[™]. Reduced 11.76% of free glycerin from unpurified biodiesel, without significant reduction compared to commercial methods. Removed 11.26% of total glycerin from the unpurified biodiesel with an efficiency of 16.36% and 20.88% related to Magnesol[®] and Amberlite[™] BD10 DRY[™], respectively. Reduced water content from final biodiesel by 11.2%, with 33.5% efficiency compared to Magnesol[®] and had similar values compared Amberlite[™] BD10 DRY[™]. This demonstrates that sawdust can be an alternative as a dry purification method for biodiesel as well as a residue with less environmental impact.