

POTENCIAL DEL PROCESO Y DE LA TECNOLOGÍA DE BIODIESEL CON OLEAGINOSAS

Dr.Ing. Jairo Francisco Lascarro.Ph.D,P.E.,IAQC
Teléfono: 787-758-4298, e-mail: jflascarro@hotmail.com

Introducción.

Los procesos químicos y tecnológicos para producir biodiesel, de vegetales aceitosos, constituyen elementos de gran potencial para ayudar al crecimiento económico de la industria agropecuaria y sectores productivos clasificados como pequeñas y medianas empresas PYMES. Todos estos grupos buscan alternativas energéticas en los combustibles alternos para contrarrestar el impacto que en sus economías ha significado el aumento de los costos de los combustibles derivados del petróleo y a la vez cumplir con las normas y regulaciones ambientales, a costos más razonables dentro del concepto del desarrollo sustentable.

El biodiesel en América, tiene por lo menos de 45 a 50 años de antigüedad. El producto se produjo experimentalmente en el laboratorio de la Universidad de Uruguay en la década del 60. Años más tarde, se inició su producción con diferentes tipos de oleaginosas y su empleo masivo fue ganando interés en Argentina, Estados Unidos, Brasil y Colombia.

El elemento motor para estimular su uso como combustible se ha debido primordialmente a que es una alternativa renovable buena para el motor diesel y que satisface ampliamente la reglamentación en protección del ambiente. Con este norte, en Puerto Rico y con el interés de comercializar la tecnología se ejecutó un plan que consideró, mejorar el tiempo del proceso con la investigación, producir biodiesel de aceites de cocina usados y otros lípidos, llevar a cabo pruebas de campo para corroborar rendimiento de unidades y vehículos, caracterizar las emisiones, ganar experiencia con problemas de corrosión y producción, y ofrecer servicios de consultoría para el diseño y construcción de plantas. Estas ofertas incluyen el apoyo continuo al usuario mediante la investigación, monitoreo de la calidad del producto y capacitación a clientes potenciales en Puerto Rico y en otros países de América Latina. Localmente en la Isla, se han hecho innumerables pruebas con vehículos en la carretera, en plantas eléctricas de emergencia y en equipos varios de la industria electrónica y farmacéutica con propósitos ambientales y económicos. También se ha experimentado en el laboratorio, la producción de biodiesel con aceite de palma, lo que ha resultado en un biocombustible de calidad que cumple con los estándares ASTM.

En países de Europa, como Francia, Alemania, Italia España, Suecia y Austria, la tecnología biodiesel ha tenido más años de uso que en América. El producto biodiesel se ha utilizado en mezclas con petrodiesel o puro. Esta práctica ha sido así mayormente en el sector de transporte con vehículos livianos y pesados para mejorar la combustión y reducir el impacto a la salud y el ambiente del diesel. En países del suroeste asiático, donde se encuentran los mayores productores mundiales de la palma aceitosa al igual que en Colombia, productor número uno en América, el empleo de la

tecnología biodiesel ha ido en incremento. Las razones principales han sido económicas y el interés de los gobiernos de estos países el estabilizar recursos energéticos en diferentes sectores productivos.

Se observa también, que en los continentes de Europa, Asia y América, el biocombustible ya se comercializa, se mantiene como buena estrategia la actividad de investigación con diferentes procesos químicos. Los objetivos establecidos son; producir un producto de calidad con materia prima diversificada de bajo costo; mantener un gran amigo del ambiente con créditos económicos e incentivos gubernamentales; tener un proceso básico sencillo con menos tiempo de producción y que su empleo se de con costos razonables de ingeniería y tecnología sencilla.

Los franceses usan mezclas carburantes, biodiesel y petrodiesel, en proporciones que tienen el propósito de mejorar la baja capacidad de lubricación del petrodiesel con contenidos de azufre de 15 ppm o menos. Bien en el rol de aditivo ó puro el biodiesel ayuda a aumentar la vida útil de los motores diesel de automóviles y vehículos pesados, reduce la emisión de aromáticos que afectan salud de personas y minimiza el daño al ambiente que causa el petrodiesel. Con iguales propósitos se emplea en Alemania. En este país se utilizan mezclas por volumen designadas comercialmente como B5, esto es 5 por ciento biodiesel y 95 por ciento petrodiesel y B20, 20 por ciento biodiesel y 80 por ciento petrodiesel. El biocombustible puro denominado B100, cien por ciento biodiesel, se emplea en buses escolares para transportar estudiantes con la finalidad de proteger la salud de los jóvenes y trabajadores mediante la reducción de riesgos de inhalar elementos contaminantes y aromáticos carcinógenos, los que provienen del proceso de combustión del petrodiesel.

De otro lado, en países en el rango de latitud 0 a 20 grados, al norte y sur en América, con grandes recursos de productos oleaginosos, los bajos costos de la tecnología biodiesel ha estimulado a los gobiernos a formular alianzas estratégicas de cooperación para producir un mayor volumen de oleaginosas y reducir los costos de la materia prima. En los países de Suramérica, llamados andinos, planifican proyectos de pequeño y mediano alcance con base a la idea de mantener una cadena oleaginosa de suministro para producir el biocombustible en cantidades que resulten costo efectivo y pueda ser empleado puro ó en mezclas con el petrodiesel. El beneficio inmediato es el estabilizar costos de producción.

El grupo biodiesel de Puerto Rico, con gran "know how" en la ingeniería, la tecnología sencilla y el proceso químico mejorado a través de la investigación, ha propuesto a gobiernos y entes privados de Centro y Suramérica asesoría técnica. Promueve además, de modo paralelo en Centroamérica y las Antillas, la estrategia de configurar igual que en Suramérica la cadena oleaginosa. Esta idea tiene la virtud de asegurar suministros de materia prima en grandes volúmenes y la producción continua de biodiesel a bajo costo lo que estabilizaría los beneficios económicos de pequeños negocios con un recurso energético alterno.

Las siguientes son las razones que justifican varias iniciativas con el biocombustible; 1) es una fuente de energía limpia, no destructiva del ambiente que guarda gran armonía con el concepto de desarrollo sustentable 2) un recurso energético renovable que va a aliviar al sector agropecuario y a la PYME debido a que el costo por galón, con materia prima dedicada y de suministro continuo y renovable, no tendría la inestabilidad de precio por galón que en los pasados años y al presente se

ha evidenciado con los derivados del petróleo 3) no contamina el ambiente ya que emplea un proceso básico y tecnología sencilla con costos moderados 4) para los productores de azúcar de caña y alcohol carburante el biocombustible es un rubro con el potencial de aumentar más la rentabilidad de estos negocios. Esto último ocurriría si se establece un mercado significativo por el biodiesel lo que requeriría un aumento de la producción de alcohol etílico de la caña para venderlo como reactivo y producir biodiesel. La producción adicional de alcohol para la industria, les da el derecho recibir incentivos económicos y exención de impuestos que ya han creado por ley algunos gobiernos de países en América.

Para evaluar la potencialidad del proceso y la tecnología biodiesel daremos detalles a continuación sobre el combustible petrodiesel y sus características y en contraste haremos la definición de biodiesel y sus propiedades. Mencionaremos los factores de calidad, daremos detalles del proceso químico para producir el biocombustible con la tecnología apropiada, y resaltaremos las ventajas de su naturaleza biológica y composición que lo clasifican como combustible ecológico renovable, recabando desde luego sus beneficios al ambiente desde el punto de vista de contaminación mínima o cero contaminación. Finalmente, se mencionan factores económicos y condiciones de mercado necesarias, con base a la cadena oleaginosa del Caribe y las Antillas, para comercializarlo.

El motor diesel y requisitos del combustible Diesel.

En el motor inventado por Rudolf Diesel (1858-1913), se realiza el proceso de combustión el que ocurre cuando el combustible petrodiesel, escogido por la característica de auto prender, es inyectado en un volumen de aire comprimido a alta temperatura y presión. La combustión de la mezcla no ocurre de inmediato sino un tiempo después. Esta condición se le conoce como "ignition delay". La combustión ocurre en sectores con distintas razones de aire y combustible.

Como condiciones se establecen que el combustible debe quemar en la cámara de combustión y debe disipar la energía según su capacidad calorífica la que variará dependiendo de la refinera en que se produce. Es miscible con el biodiesel y éste como aditivo se puede mezclar en cualquier proporción con el petrodiesel. Los requisitos de la calidad del combustible y especificaciones están establecidos en el ASTM D 975-02.

El biodiesel

El biodiesel es un combustible compuesto de ésteres de aquilo y etilo. Su estructura química muestra cadenas de ácidos grasos que se derivan de vegetales aceitosos y grasa animal. Tiene un 10 % de oxígeno por peso suelto que hace que la combustión sea más completa que la del petrodiesel. Comercialmente se ha utilizado en mezclas con el petrodiesel hasta un .5%. Las mezclas comerciales mayormente empleadas en Europa y Estados Unidos se despachan en proporciones de 5, 20 y 80 %, por volumen las que se describen como B5, B20 y B80. La especificación y calidad del producto la establece, en los Estados Unidos, el ASTM D6751-02. Es importante recordar que el biodiesel es un combustible ecológico, renovable y de naturaleza biológica.

Recursos de material Oleaginoso y grasa animal.

El biodiesel se deriva de vegetales aceitosos y la grasa animal. El mayor componente de ambas fuentes de materia prima son los triglicéridos. Esta materia es caracterizada por ésteres de glicerol con una larga cadena de ácidos comúnmente llamados ácidos grasos. Es extremadamente importante recordar que ambos recursos son mezclas de triglicéridos de distintos ácidos grasos. El metil éster proveniente de los ácidos grasos son similares a las largas cadenas alquilo para hacer del biodiesel un buen combustible.

Semillas aceitosas como mostaza, maíz, sorgo, soya, palma africana, girasol, cacahuete y coco son buen recursos de materia prima para producir biodiesel. Igualmente la grasa animal y aceites usados de cocina.

Los parámetros mínimos para calificar la calidad de la materia prima son:

1. Cero agua, porque una molécula de agua destruye una molécula del catalizador.
2. Los ácidos grasos libres (FFA siglas en inglés) deben estar por debajo del 1 %. Esta condición es muy buena para una producción mayor de biodiesel. Cuando el por ciento de los ácidos grasos libres (FFA) es mayor del 1% el recobro de biodiesel dependerá del tipo de aceite y la cantidad de hidróxido de sodio empleado.

Justificación de la Transesterificación

Se justifica realizar la transesterificación del aceite vegetal y de la grasa animal porque hace posible conseguir valores de viscosidad con el metil éster o etil éster dentro del margen que se especifica el petrodiesel (N2- S15 , 1.9-4.1 mm²/ S a 40 C). Sin embargo, es importante indicar que aceites usados de cocinar y aceite vegetales (colza, soya y de maní), luego de ser sometidos a proceso de limpieza, se han usado como combustibles directamente en el motor diesel sin aplicarle el proceso básico de transesterificación. Desde luego, la literatura registra numerosos problemas con los inyectores, sellos, anillas y filtros, de los motores diesel cuando los aceites se usan como combustible sin procesarlos. En numerosos escritos se aconseja modificar los motores diesel, principalmente el centro computadorizado de mando, antes de usar estos aceites de manera directa sin limpiarlos. Para evitar problemas con el motor es mejor procesar los aceites vegetales primarios y usados de cocinar y convertirlos en biodiesel. La calidad de este producto está definida por el estándar ASTM D 6751002 y es lo que los concesionarios y los seguros requieren.

Procesos para producir biodiesel

A. Lote

El método más simple es producir biodiesel en lote "batch" con alcohol metílico o etílico. Se utiliza para ello un reactor metálico para llevar a cabo la reacción química. Además, un mezclador, un recipiente plástico para combinar el alcohol con el agente catalítico, una fuente de calor y termómetro para control de la temperatura de la reacción. La razón de alcohol a triglicéridos se da en un margen de 4:1 a 20:1(mole a mole). La proporción más común es de 6:1. Los catalíticos más comúnmente usados

son el hidróxido de potasio y el hidróxido de sodio. La carga típica de estos catalizadores varía de .3 % a 1.5%. La mezcla es necesaria al inicio del proceso para homogenizar los reactivos. Si la materia prima está por encima de 2% de ácidos grasos el proceso se realiza en dos etapas así puede ser posible alcanzar hasta un 96 por ciento de eficiencia. El producto éster resultante se debe neutralizar lavándolo con agua, así se eliminan residuos de alcohol y sales. El subproducto resultante del proceso es la glicerina con purzas que oscilan entre el 80% al 99%. Si se interesa conseguir reacciones con conversión del 100 % se requieren dos o más reactores en serie.

B. Proceso continuo

El sistema para proceso continuo, requiere de varios tanques o reactores, mezcladores, bombas, centrifugadoras, instrumentos y controles. Este proceso se emplea para cuando se quiere producir grandes volúmenes de biodiesel. Se trabaja con tiempos mayores de residencia de los reactivos en los tanques. Desde luego, existen otros procesos con más ingeniería en donde se especifican bombas y mezcladores de forma intensa y otros que circulan los reactivos químicos a través del reactor, este último es el caso donde el proceso de flujos del aceite y reactivos son encontrados, se conoce como "plug flow". Este sistema bajo condiciones de temperaturas y presiones óptimas requiere tiempos de residencia bajos, por ejemplo 10 minutos. Se puede realizar por etapas para extraer el glicerol.

Variables del proceso de transesterificación

Estas son; temperatura de la materia prima, temperatura de la reacción, razón del alcohol a aceite, concentración y tipo de catalizador, intensidad de la mezcla y pureza de los reactivos. La máxima producción de éster se consigue con temperaturas en el rango de 60C a 80 C y con razón de molaridad de 6 a 1.

Tecnología

La tecnología y el proceso van de la mano y se debe adquirir aquellas que trabajen con la complejidad de materia prima disponible y el valor que corresponda a la calidad de glicerina que se necesite. En el mercado están disponibles las tecnologías para realizar ambos procesos; lote y continuo. Hay disponible tecnologías que han reemplazado la utilización de ácidos para la esterificación y el empleo de agua para el refinamiento del biodiesel.

Calidad del producto

La calidad del producto se verifica midiendo contenido de agua, existencia de partículas sólidas, residuos de jabón, glicerina, existencia de azufre, etc. El ASTM D 6751-02 describe los métodos y especifica los parámetros de calidad con las que debe cumplir el producto. Comercialmente se identifica el biodiesel con la letra B de biodiesel y el número 100, esto es, B100 cuando es puro. El producto es altamente miscible con el

petrodiesel. Hay poca diferencia en la capacidad calorífica entre el petrodiesel y en mezcla de 2% y 20% de diesel y biodiesel. En el laboratorio se han registrado valores entre 16,000 BTU / lbm y 17,000 BTU/ lbm. El valor del pH debe ser mayormente neutral, en el rango de 6.5 a 8.0.

Manejo y almacenamiento del bio-combustible, impacto ambiental, y pruebas

El biodiesel puede emplear la misma infraestructura que la usada para el diesel. Debe almacenarse en tanques protegidos contra inclemencias del tiempo, exposición al sol y bajas temperaturas. Deben evitarse términos largos de almacenamiento y tanques parcialmente llenos para que no ocurra condensación de la humedad del aire. No más de 6 meses debe permanecer en los tanques. El combustible es más seguro para manejar y transportar que el petrodiesel. El punto de ignición del B100 es mayor de 130 grados C (ASTM D93). En contraste, el diesel en promedio es alrededor de 52 grados C.

Las emisiones de hidrocarburos HCx son bajas. Produce reducciones significativas de partículas P10 y P2.5, cero combustible vivo en las emisiones y partículas de carbón. Las emisiones de anhídrido carbónico son mínimas. La combustión es más completa por el 10% de oxígeno suelto que contiene en su estructura química. Ayuda a reducir los gases que causan el efecto de invernadero (CO₂, S₂O), particularidad que ofrece ventajas significativas a negocios para conseguir créditos financieros en países que firmaron el tratado de Kyoto. Los Estados Unidos no han firmado dicho protocolo.

Por ser un combustible de naturaleza orgánica su impacto al ambiente es menor. Su combustión es más completa que el petrodiesel por ser más oxigenado. El 95% del biodiesel desaparece en 28 días, rango en el cual sólo puede degradarse un 40% el petrodiesel. Emite olores más tenues no irritantes en ámbitos cerrados, no es tóxico, y produce bajas cantidades de aldehídos y aromáticos carcinógenos.

Es importante mencionar que el proceso para producir biodiesel pudiera producir descargas de aguas con alto contenido de orgánicos biológicos o químicos usualmente medidos con los indicadores "B.O.D ó C.O.D" pero es factible diseñar para producir cero contaminación por vía de estas descargas. El subproducto glicerol es difícil de disponer. De no aplicarse estrategias adecuadas y prácticas que ya existen, las condiciones antes mencionadas pudieran requerir permisos y mayores restricciones y aplicación de regulaciones más severas. El tipo de proceso y la calidad de la materia prima tienen mucho que ver con la cantidad de agua contaminada que se descargue. Existen diseños para cero contaminantes pero el costo de la planta va a ser alto y por ende la diferencia.

Programa de pruebas en Puerto Rico

El programa de pruebas con el biocombustible, realizados con equipos y vehículos de transporte liviano y pesado en la isla, han sido amplias y significativas. El biodiesel empleado en los ensayos en banco y en la carretera, se ha producido en el Centro de Investigaciones de la Escuela de Ingeniería de Mayagüez RUM. Esto ha sido posible mediante el empleo de una planta piloto pequeña. La planta ha utilizado como materia

prima aceites usados de cocina. La flota de vehículos ensayados ha sido diversificado; camiones con motores diesel de 300 HP, buses y automóviles de diferentes capacidades. Los resultados han sido muy buenos para 300 y 500 horas de operación. También se han hecho ensayos en farmacéuticas con generadores de emergencia de 250KVA y calderas piro tubulares con muy buenos rendimientos térmicos y reducción de emisiones contaminantes. Pronto se harán pruebas con una turbina de gas de la Autoridad de Energía Eléctrica.

Aspectos económicos

Las oportunidades de mercado como B100 y en mezcla como aditivo en proporciones de B5 y B20, van a estar dependiendo de factores como; tener un plan de negocio, mantener un suministro continuo y costo de materia prima, aplicar un tipo de proceso sencillo con tecnología apropiada que resulten en una buena calidad de producto. Obviamente, el financiamiento e incentivos gubernamentales son muy importantes para estimular, en una primera fase los sectores productivos agrícolas y la industria de la construcción.

Con el propósito de mantener la cantidad y suministro significativos de materia prima para una producción con rentabilidad adecuada, el grupo biodiesel ha propuesto a gobiernos de las Antillas y el Caribe la idea de establecer una cadena oleaginosa y recobro de la grasa animal en gran escala. El objetivo inmediato sería el crear una independencia del recurso energético para el sector agropecuario. Los gobiernos mediante financiamiento y estímulos de tipo económico, haría que el sector se haga fuerte produciendo el combustible ecológico alterno a costos razonables asegurando así una producción fuera de la influencia de derivados del petróleo, para atender necesidades regionales

Conclusiones y recomendaciones

Tomando en consideración el marco del tema tratado y las experiencias de campo realizadas en Puerto Rico con equipos y parque automotor de vehículos livianos y pesados diesel, podemos concluir que mediante el empleo del proceso básicamente mejorado, la investigación y ensayos del RUM, la tecnología existente, el apoyo técnico y científico del grupo biodiesel y los controles de calidad del producto con base a los ASTM, todo estos medios harán posible a corto plazo la obtención de un producto de calidad a costos razonables. Además, estas circunstancias deberán ayudar a la pequeña y mediana empresa a realizarse dentro del concepto de desarrollo sustentable, con un suministro de materia prima significativa por grupos recuperadores o por vía de la cadena oleaginosa de los países de las Antillas y el Caribe.