



COMO MEJORAR EL PODER CALORÍFICO EN BIOCOMBUSTIBLES MEDIANTE LA ADICIÓN DE NANOPARTÍCULAS

Otto Fernando Balseca Sampedro

Profesor de la carrera de Ingeniería Mecánica, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo
otto.balseca@esPOCH.edu.ec

Eugenia Mercedes Naranjo Vargas

Profesora de la carrera de Ingeniería Industrial, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo
eugenia.naranjo@esPOCH.edu.ec

Para citar este artículo puede utilizar el siguiente formato:

Otto Fernando Balseca Sampedro y Eugenia Mercedes Naranjo Vargas (2018): "Como mejorar el poder calorífico en biocombustibles mediante la adición de nanopartículas.", Revista Caribeña de Ciencias Sociales (julio 2018). En línea:
[//www.eumed.net/rev/caribe/2018/07/poder-calorifico-biocombustibles.html](http://www.eumed.net/rev/caribe/2018/07/poder-calorifico-biocombustibles.html)

RESUMEN

El uso de biocombustibles es la nueva etapa que está tomando la industria para combatir problemas medio ambientales así como enfermedades respiratorias que pueden desarrollarse en personas debido a la inhalación de agentes contaminantes productos de la combustión de combustibles fósiles.

La nueva alternativa que se presenta no solo es la creación de biocombustibles sino también la implementación de nanopartículas capaces de modificar las propiedades fisicoquímicas de los biocombustibles y ya sea que estos se encuentren mezclados o por separado.

La transesterificación, un proceso de gran ayuda para la elaboración de biocombustibles es la mejor opción y a esto añadir nanopartículas de óxido de titanio, óxido de cerio, óxido de hierro, puede resultar interesante en el momento de querer adquirir un biocombustible con mejores propiedades principalmente el poder calorífico, y a la vez la reducción de efectos contaminantes.

El uso de nanopartículas en biocombustibles a partir de aceites de palma, soja, pongamia pinnata, ofrecen mejores resultados con respecto al alcance de mejorar las velocidades de combustión, ayudando a producir un mejor poder calorífico, disminuyendo el tiempo de ignición en dichos biocombustibles, además de la reducción de monóxido de carbono, dióxido de carbono, óxidos de nitrógenos, en donde este último debe ser estudiado detenidamente, ya que al añadir cantidades extras de metanol para mejorar la eficiencia del biocombustible puede aumentar la concentración de NO (óxido nitroso) y ser emanado al medio ambiente.

Los resultados de las propiedades fisicoquímicas del biocombustible a partir del aceite de pongamia pinnata junto con la adición de nanopartículas de hierro entraron en los estándares para biocombustibles según la norma ASTM, siendo algo alentador al uso de este nuevo biocombustible.

Palabras Clave: *Nanopartículas, Biodiesel, Biocombustible, Transesterificación, pongamia pinnata.*

ABSTRACT

The use of biofuels is the new stage that the industry is taking to prevent environmental problems and so are the people who suffer from the inhalation of polluting products.

The new alternative is not only the creation of biofuels but also the implementation of nanoparticles capable of modifying the physical properties of biofuels and liquids that have already been mixed or separated.

Transesterification, a process of great help for the development of biofuels is the best option since it is possible to add nanoparticles of titanium oxide, cerium oxide, iron oxide, it can be interesting now and also acquire a biofuel with better properties, mainly the caloric power, and at the same time the reduction of polluting effects.

The use of nanoparticles in biofuels from palm oil, soybean, pongamia pinnata, offers better results with the scope of improving combustion speeds, helping to produce a better caloric power, decreasing the ignition time in said biofuels, besides the reduction of carbon monoxide, carbon dioxide, nitrogenous oxides, where the latter must be studied carefully, since it can add additional amounts of methanol to improve the efficiency of the biofuel can increase the concentration of NO (nitrous oxide) and be emanated to the environment.

The results of the physicochemical properties of the biofuel from the oil of Pongamia pinnata together with the addition of iron nanoparticles enter the standards for biofuels according to the ASTM norm, being somewhat encouraging to the use of this new biofuel.

Keywords: *Nanoparticle, Biodiesel, Biofuel, Transesterification, Pongamia pinnata.*

INTRODUCCIÓN

Después de muchos años en el uso de combustibles comunes se pueden evidenciar los efectos que estos han causado en la atmósfera, así como daños en la salud de las personas, principalmente causando enfermedades de tipo respiratorias por las altas concentraciones de dióxido de carbono, dióxido de azufre, monóxido de carbono, entre otros, que son los más comunes que podemos encontrar debido a la combustión de combustibles fósiles. [1]

Como implementación a una ciencia que ha venido avanzando día a día, como lo es la nanotecnología, podemos encontrar una alternativa para los biocombustibles, mejorando las propiedades calóricas de ellos, ya que es posible alterar las pequeñas propiedades de la materia a una escala mayor, generando un sin número de aplicaciones útiles para la humanidad, haciendo uso de la física, química, mecánica, entre otras ramas de la ingeniería, para la obtención de nano materiales capaces de ser usados en distintas áreas. [2]

Opciones como la búsqueda de aplicaciones biotecnológicas, para creación de biocombustibles, ha implementado el uso de micro algas para el desarrollo de los mismos, pero presentan inconvenientes de costos de mantenimiento de las mismas para continuar con este tipo de procesos. Para ello se hace necesario el uso de micro partículas magnéticas para mejorar la eficiencia de biocombustibles así como los costos de producción. [3]

No podemos dejar a parte que los combustibles líquidos han sido una buena opción al uso de combustibles convencionales, debido a la reducción de emisiones que contaminan el medio ambiente, siendo este un campo muy interesante pero poco desarrollado debido a que la reducción de daños al medio ambiente aun sean menores al 10%, generando aun efectos adversos en el ecosistema en general. [4]

La generación de biocombustibles por el momento se enfoca en abaratar los costos de producción tomando por ejemplo el bioetanol. Debido a estos factores varios estudios se enfocan en la implementación de nano partículas que mediante la hidrogenación sean capaces de producir aceites renovables gracias a algas, que sería el mejor uso de materiales que disponemos en nuestra naturaleza. [5]

DESARROLLO

A. MARCO TEÓRICO

- Biocombustibles y Nanopartículas.

Como se conoce que los biocombustibles se obtienen a partir de la biomasa a partir de procesos de separación de grasas presentes en animales y plantas donde una vez tratada se separa el biocombustible de ácido o base que se haya usado para realizar dicho proceso. [6]

El uso de nano partículas ayuda a mejorar las propiedades físicas de los biocombustibles mediante oxidación y mayor facilidad de combustión.

B. NANOPARTICULAS PARA EL MEJORAMIENTO DEL PODER CALÓRICO EN BIOCOMBUSTIBLES Y REDUCCIÓN DE EMISIONES CONTAMINANTES AL MEDIO AMBIENTE.

Se puede encontrar varias formas para la producción de biocombustibles mediante el uso de Nanoparticulas bimetalicas de núcleo haciendo uso de cortezas de oro y plata, tomando las nanopartículas de oro. [6]

El uso de aceite de girasol para la elaboración de biodiesel a partir de Nanoparticulas pueden ser realizadas mediante espectroscopia para la poder estudiar la actividad catalítica de las nanopartículas presentes aquí, obteniendo como resultado un 87% de mayor eficiencia en este biodiesel que en el biodiesel convencional formado por aceite de girasol. [6]

Cuando se trata de obtener mejores resultados en lo que respecta a la elaboración de biocombustibles como el biodiesel podemos tener muy buenos resultados, pero cabe recalcar que estamos propensos a encontrar desventajas en los mismos, debido a factores presentes en el medio en el que nos encontremos. Y es el caso que al mezclar bioetanol con biodiesel y diesel en las nanopartículas podemos encontrar una alta reducción de emisiones de monóxido de carbono e hidrocarburos, pero pueden aparecer contenidos de óxido de nitrógeno en aumento debido al oxígeno presente en el combustible, algo no muy favorable para el ecosistema a pesar de que tanto el poder calórico se redujo así como los otros componentes antes mencionados. Mientras se dieron estos resultados y el contenido de humo se redujo a un 50% por la combinación de estos combustibles como es el diesel y bioetanol, se encontró mejores resultados en lo que respecta a la mezcla entre biodiesel y bioetanol. [7]

La mezcla de nanopartículas con biocombustibles además de la adición de aditivos busca mejorar el rendimiento de los mismos a la vez que la reducción de contaminantes para las personas y ecosistema, dado el caso de mezclar nanopartículas de alúmina usadas como aditivos para el biocombustible junto con etanol e isopropanol para la mezcla con biodiesel a partir de soja. [8]

Para el desarrollo de este tipo de biocombustible mediante el uso de aceite de girasol se comparan con el diesel. Las mezclas se realizan a partir de porcentajes de concentraciones de componentes como es el diesel con un 80% de concentración y el biodiesel de soja con un 20% de concentración.

Otra mezcla realizada se dio con un 80% de diesel, 15% de biodiesel de soja, 4% de etanol y el 1% de isopropanol, pero en esta mezcla se incluyó la adición de nanopartículas de alúmina (100mg de contenido de alúmina).

Según estudios realizados en primer lugar se mezcló 100 mg de nanopartículas de alúmina junto con etanol y biodiesel de soja. Para evitar la separación de fases en esta mezcla se usó isopropanol. Posteriormente, la mezcla fue llevada al ultrasonificador para la dispersión de partículas y evitar la aglomeración. [8]

Debido a las propiedades como viscosidad y gravedad específica se logra obtener un mezcla limpia con los biocombustibles en comparación de mezclarlo con el diesel, pero podemos notar que el poder calórico será menor de la mezcla con biodiesel que con el diesel puro mostrando una disminución notable en el poder calórico.[8]

Fuel property	Diesel	Soybean biodiesel	Diesel + Biodiesel (B20)	D80SBD15E4S1 + alumina fuel blend
Specific gravity	0.825	0.865	0.847	0.840
Viscosity at 40 °C (cSt)	2.61	4.78	3.70	3.37
Calculated Cetane Index	57	49	42	52
Calorific value MJ/kg	44.70	41.20	43	42.59

Tabla1. Propiedades de los combustibles mezclados. [8]

Gracias a estudios de los componentes mezclados en los combustibles podemos establecer comparaciones de análisis entre ellos, donde se da un aumento en la presión en el caso de mezclar nanopartículas de alúmina, esto debido a la mayor superficie de explosión de la nanopartícula que es respaldada por el oxígeno presente en el biodiesel de soja que da una combustión mucho más rápida al mejorar la mezcla de la misma. [8]

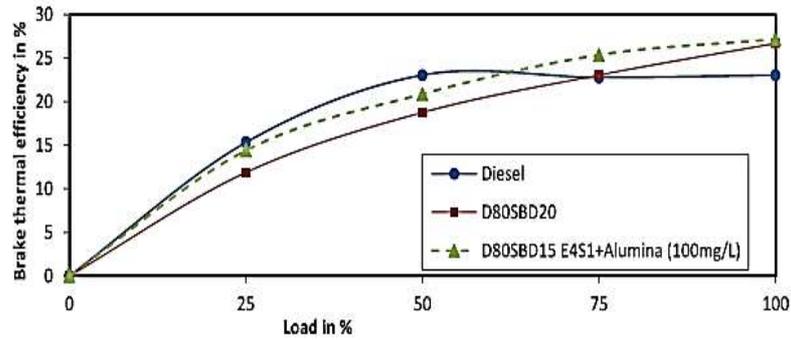


Figura 1. Variación de la eficiencia térmica con carga. [8]

Como puede ser observado en la figura 1, las gráficas mostraron la eficiencia térmica de los tres combustibles sometidos a diferentes cargas. El diesel puro muestra una eficiencia térmica constante por encima del 50% con carga. [8]

Debido a los estudios que se han venido dando en lo que respecta a nano ciencia y nanotecnología, podemos encontrar grandes ventajas de sobre los estudios a nivel micro, teniendo en cuenta que los parámetros críticos de encendido a distintas temperaturas de ignición caracterizan el rendimiento y las emisiones que pueden producir los motores diesel.

De esta manera se buscó mejorar las propiedades de ignición en un combustible con diesel mediante la adición de nanopartículas de aluminio y alúmina (óxido de aluminio) mediante el experimento de placa calefactora. Mediante el usos de la adición de los elementos antes mencionados se pudo observar un mejor rendimiento al momento de la ignición en el biodiesel que con el diesel puro, sin que importara el cambio tanto en el material como en el tamaño de las nanopartículas usadas en la mezclas con el biodiesel. [9]

Las investigaciones se fueron ampliando mediante la adición de otros elementos como el boro y el hierro, además de los ya mencionados como la alúmina y aluminio, es decir, se realizaron estudios mediante la adición de nano aditivos de metal para la mejora en el rendimiento y las características de emisión. [10]

También se realizaron investigaciones en motores con el uso y sin el uso de aditivos de óxidos de cerio, para el análisis de las características de emisión, llegando a descubrir que la viscosidad y la volatilidad mantienen relaciones directas con los de dosificación, donde los niveles de hidrocarburos y óxido de nitrógeno se reducen en cuanto a emisión cuando se añadió oxido de cerio. [11]

La implementación de nanopartículas de óxidos de aluminio en cantidades fraccionadas de 25 ppm, 50ppm y 100ppm donde se obtuvo emisiones de humo con un contenido de 83% de biodiesel, 15% de agua, 2% de surfactante. Con un estudio de 25 y 50 ppm se pudo obtener una reducción en la emanación de contaminantes y una mejora en la eficiencia térmica, además de mejorar el momento de ignición y la transferencia de calor debido a la mejora en la superficie y volumen gracias a las propiedades de conducción de calor obtenidas.[12]

Los aditivos metálicos que fueron usados en el combustible como catalizador redujeron el consumo de combustible y las emisiones de hidrocarburo. [12]

El uso de cloruro férrico también puede ser una alternativa debido a las investigaciones realizadas en biocombustibles a partir de aceite de palma como mejora de las propiedades y presentándose como una alternativa de biocombustible. Se obtuvo una mejora en la eficiencia térmica, y consumo de este combustible en condiciones óptimas de operación. [13]

El estudio del rendimiento con nanopartículas de óxido de cerio fue dado por Selvan VAM, donde se investigó el rendimiento y las características en un motor de combustión interna que utilizó como aditivo nanopartículas de óxido de cerio en mezclas de diesel y biodiesel con etanol, donde llegó a la conclusión de que el oxígeno ayuda como oxidador en la reducción de óxido nítrico y monóxido de carbono. [14]

Otro implemento que muestra un aumento en el poder calorífico inferior es la adición de nanopartículas de óxido de titanio al biodiesel de palma, dando un rendimiento más efectivo y mejorando las propiedades como la viscosidad cinemática, aumento del punto de inflamación, pero algo que debemos tener en cuenta es que este biocombustible es propenso a disminuir la calidad de las propiedades si se añade biodiesel. Otro punto a favor es la reducción de elementos contaminantes como el monóxido de carbono, dióxido de carbono y óxidos de nitrógeno debido al implemento de nanopartículas de óxido de titanio. [15]

El manganeso posee una caracterización estructural y morfológica estudiada donde un óxido de manganeso soportado por un óxido mixto Cerio-zirconio dan una actividad catalítica en la oxidación de material proveniente de motores diesel en el hollín, produciendo dióxido y monóxido de carbono entre 425 y 725 grados Kelvin. [16]

La adición de nanopartículas de cerio en la mezcla de diesel, biodiesel y etanol para el rendimiento y emisiones que se producen en un motor de combustión interna pueden ser observados en la siguiente figura:

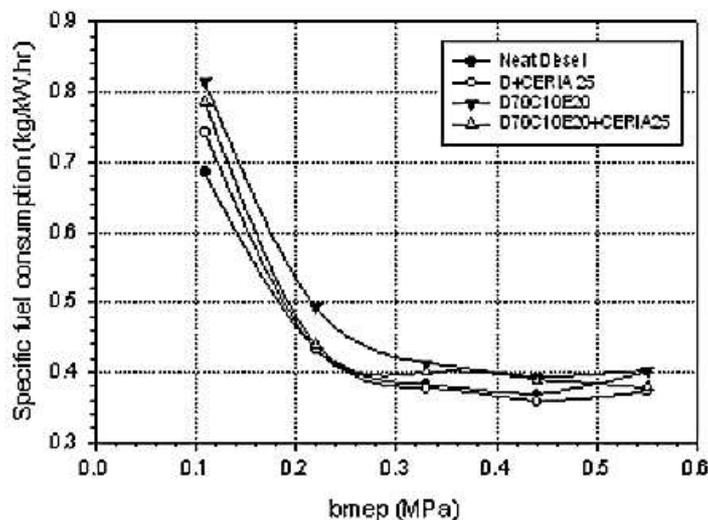


Figura 2. Variación del consumo específico del combustible con la presión efectiva. [17]

Como podemos observar en la figura 2, se puede apreciar los resultados obtenidos de las características de rendimiento y emisión del motor de combustión interna, donde mediante las variaciones que presentan dichas curvas realizadas mediante estudios y ensayo de laboratorio, donde se ve claramente que el consumo específico de combustible es mayor para las mezclas de diesel-etanol que diesel puro. Esto se da debido a que presenta menor poder calorífico la mezcla entre etanol-diesel que el diesel puro, por lo que si queremos mantener una velocidad constante en un motor va a requerir de mayor cantidad de la mezcla etanol-diesel, pero gracia a la adición de óxido de cerio que promueve la combustión, el consumo de combustible específico disminuye. [17]

Los efectos contaminantes pueden ser observados en las siguientes figuras, para entender que tan beneficioso resulta la combinación de ciertos combustibles con biocombustibles y nanopartículas:

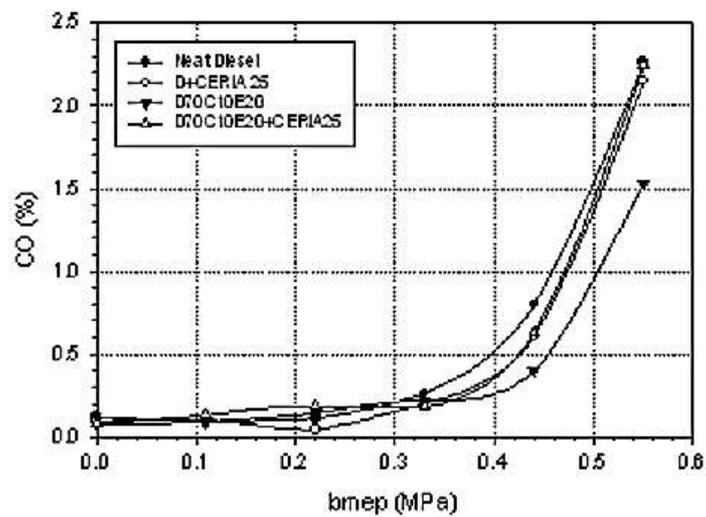


Figura 3. Variación del monóxido de carbono con la presión efectiva de freno. [17]

La cantidad de emisión de monóxido de carbono tiende a disminuir con el uso del mezclado de diesel-etanol y biodiesel que solamente haciendo uso del diesel en estado puro. [17]

Las emisiones de monóxido de carbono resultan despreciables ante una presión de 0.4 MPa al observar los datos presentados en las curvas de la figura 3, pero estas aumentan de manera rápida al aumentar las cargas de CO. Pero nuevamente encontramos que la adición de nanopartículas de óxido de cerio ayuda en la disminución de las emisiones de monóxido de carbono cuando nos ponemos a comparar con las de diesel en estado puro. [17]

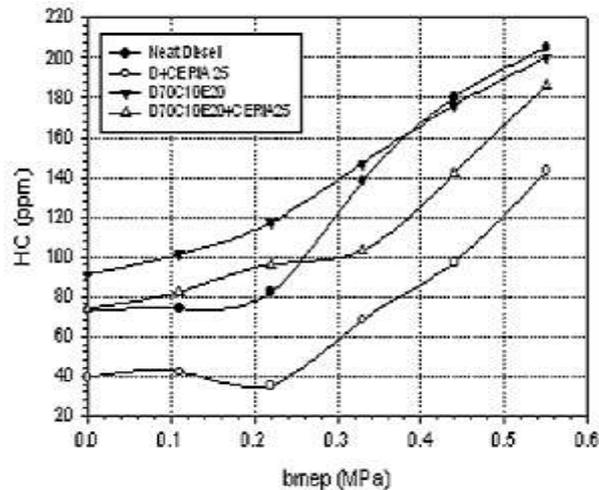


Figura 4. Variación de hidrocarburos con la presión efectiva de freno. [17]

En la figura 4 nos muestra como varían las emisiones de hidrocarburos respecto a la presión de freno. La adición de nanopartículas de óxido de cerio ayudan a bajar la cantidad contaminante de los hidrocarburos cuando son comparadas entre las mezclas de etanol-diesel y bioetanol con el diesel en estado limpio o puro, donde si hacemos uso de aditivos oxigenados podemos promover a una combustión completa y es por esto que se reducen las cantidades de emisiones de hidrocarburos. [17]

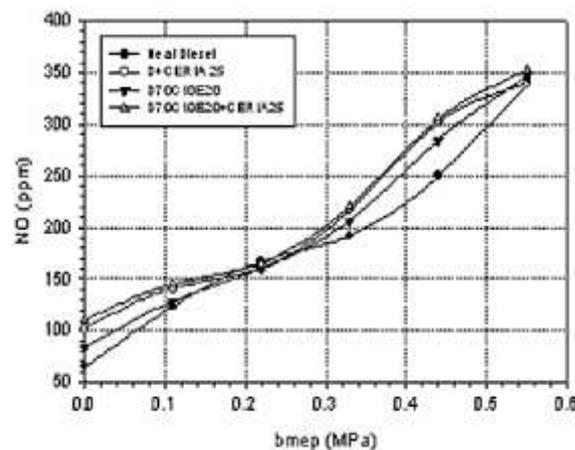


Figura 5. Variación de óxido de nitrógeno respecto a la presión efectiva de freno. [17]

La variación del óxido de nitrógeno respecto a la presión efectiva mostrado en la figura 5, da a notar que las emisiones de óxido de nitrógeno son menores para el diesel en estado puro que cuando compramos con relación a todas las mezclas de combustibles (diesel, etanol). Hay una mejora en la combustión mediante el uso los aditivos oxigenados pero un retraso en la ignición como resultado de haber añadido etanol a la combustión premezclada, siendo esta una causa de una temperatura de combustión mayor, lo que sería beneficioso para mejorar el poder calórico de nuestro biocombustible mediante el uso de nanopartículas de óxido de cerio, pero tendríamos inconvenientes con las emisiones de óxido de nitrógeno al medio ambiente ya que este aumentaría por añadir etanol al combustible. Como resultado mínimo ante una presión de 0.44 MPa podemos observar

como como 240 ppm para el diésel en estado puro. [17]

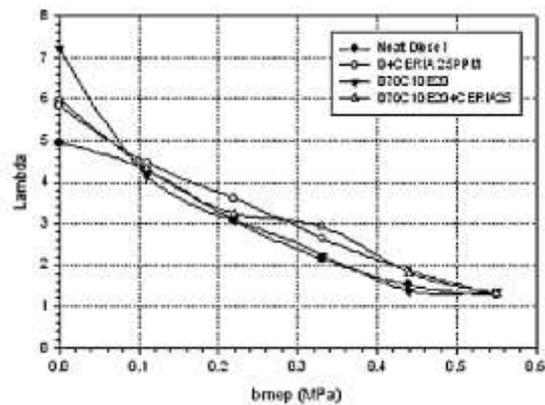


Figura 6. Variación de la relación aire combustible respecto a la presión. [17]

Según la figura 6, las variaciones de la relación aire combustible con la presión efectiva se observa que a cargas menores cargas la relación aire combustible es más alta y disminuye a medida que aumenta la carga, mostrando que un motor funciona con mezclas magras.

La adición de nanopartículas de óxido de cerio y etanol a un diesel puro ayuda que su funcionamiento sea pobre. Pero a pesar de que las cargas sean mayores funcionan con la misma relación aire combustible. [17]

Como se ha venido observando en los estudios de laboratorio realizados por distintos investigadores, los aceites vegetales llegan a convertirse en un biocombustible como es el biodiesel mediante distintas reacciones. Los ácidos grasos que presentan las plantas así como los animales se puede obtener mediante el proceso de transesterificación que es un método para obtener biocombustibles mediante la adición de algún tipo de alcohol, normalmente el metanol, y un catalizador que suele ser una base o en algunos casos un ácido y así tratar las grasas y aceites presentes en plantas y animales para obtener biocombustibles como el biodiesel [18, 19]. Como propiedades del biodiesel podemos obtener que es biodegradable, además de presentar una baja toxicidad, un bajo contenido de azufre y alta inflamabilidad que llega a ser útil para la creación de biocombustibles.

Es aquí donde podemos ver la importancia de los catalizadores para la producción de biodiesel, que mejoran la velocidad de reacción del proceso de transesterificación y produce un alto rendimiento en el biodiesel. Entre los catalizadores más usados en la industria para producir biodiesel son ácido minerales fuertes, ácidos homogéneos, los ácidos p-toluenosulfónicos, hidróxido de sodio, hidróxido de potasio, etc. [19]

Un aceite no muy conocida, está siendo investigado para la producción de biodiesel utilizando nano catalizadores de hierro sintetizado, éste es el aceite de Pongamina pinnata, donde se somete a procesos de calentamiento, condensación fría con agua y agitación, la temperatura de la mezcla con metanol se mantuvo a 65 grados centígrados, donde para evitar la pérdida de metanol durante la reacción se hizo necesario usar un condensador que tuvo que ser enfriado mediante el uso de agua. Una vez realizado la mezcla a las

temperaturas adecuadas se lo enfrió hasta alcanzar la temperatura ambiente y posterior se procedió a separar el biodiesel de metanol para obtener biodiesel en estado limpio, el metanol fue separado mediante evaporación. [20]

Como se puede entender la nanopartículas de hierro fueron usadas como catalizador para la producción de dicho biodiesel (biodiesel de *Pongamia pinnata*) en donde mediante las propiedades físicas y químicas obtenidas como punto de inflamación, viscosidad, poder calórico, entre otras se obtuvieron gracias a este estudio, empleando normas ASTM.

Sl.No	Physico-chemical properties	Units	ASTM Test method	Properties of <i>Pongamia pinnata</i> oil
1	Color	-	Visual	Light Reddish Brown
2	Specific gravity at 40°C	-	D 4052	0.932
3	Kinematic viscosity at 40°C	mm ² /s	D 445	30.0
4	Acid value	mg KOH/gm	D 92	5.6
5	Saponification value	mg KOH/gm	D 94	182.0
6	Flash point	°C	D 93	240.0
7	Cloud point	°C	D 97	8.0
8	Carbon residue	% mass	D 524	0.068

Tabla 2. Propiedades físicas y químicas del aceite de *Pongamia pinnata*. [20]

Physico-chemical properties	ASTM Test Method	Biodiesel specification as per ASTM D6751	Properties of produced biodiesel
Specific gravity at 40°C	D 4052	0.81-0.90	0.873
Kinematic viscosity at 40°C (mm ² /s)	D 445	1.9-6.0	4.6
Flash point (°C)	D 93	≥ 130	178
Cloud point (°C)	D 97	-3 to 12	5
Water content (% vol)	D 2709	≤ 0.05	0.012
Carbon residue (% mass)	D 524	≤ 0.05	0.033
Refractive index	-	-	1.445
Copper strip Corrosion	D 130	No.3 max.	1b
Calorific value (cal/gm)	P 6	-	3788

Tabla 3. Propiedades del combustible biodiesel producido a partir del aceite de *Pongamia pinnata* usando nanopartículas de hierro y las especificaciones ASTM.

Type of catalyst	Specific gravity at 40°C	Kinematic viscosity at 40°C (mm ² /s)	Flash point (°C)	Cloud point (°C)	Carbon residue (% wt)	Water content (% vol)	Calorific value (cal/gm)	Ref.
Sulphate Zirconia +KOH	-	4.33	170	-	0.005	0.005	-	[17]
CaO + Eggshell	-	5.4	158	5	0.02	0.005	41.5 kJ/gm	[18]
NaOH	0.942	34.66x10 ⁻⁴ Ns/m ²	-	-	-	0.16	40.216 kJ/gm	[20]
Acid + Base	0.88-0.89	5.52-5.79	-	-	-	-	37.8-39.69	[21]
Alboxide	0.860	4.78	144	6	0.005	0.02	3700	[16]
H ₂ SO ₄ + NaOH	0.883	4.37	163	14.6	-	-	4213	[15]
NaOH	0.865	5.75	110	-	-	-	36,540 kJ/gm	[14]
NaOH	0.917	5.51	110	2.0	0.64	-	-	[22]
Iron Nanoparticles	0.873	4.6	178	5	0.033	0.012	3788	Present study

Tabla 4. Propiedades del combustible de biodiesel de *Pongamia pinnata* usando diferentes catalizadores convencionales y nano cristales de hierro sintetizado. [20]

Como se puede observar en la tabla 1 la gravedad específica tuvo un valor de 0.92 y después del proceso de transesterificación, la gravedad específica se redujo a 0.873, entrando en los valores estándares de biodiesel de la ASTM en la tabla 2. Pero la gravedad específica del biodiesel convencional varía de 0.825 a 0.835 siendo un poco mayor la gravedad específica del biodiesel obtenido lo cual puede ser usado en un motor.

Una de las propiedades que se ven involucradas con la fluidez del combustible es la viscosidad, obteniendo valores que entran en los estándares de la norma ASTM (tabla 2) obteniendo una viscosidad en el biodiesel de 4.6 mm²/s. La viscosidad cinemática del diesel convencional está entre 2 y 4.5 mm²/s a una temperatura de 40°C llegando a concluir que la viscosidad cinemática del biodiesel es similar a la del diesel convencional, por lo que podríamos claramente reemplazar el uso del diesel convencional por el biodiesel que se obtuvo. [20]

ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Se puede decir que la implementación de nanopartículas en biocombustibles llega a ser una muy buena opción, no solo porque mejora el poder calórico, como es el caso de la implementación de nanopartículas de óxido de titanio y óxido de cerio, sino también por la ayuda que presentan en cuanto a la emisión de hidrocarburos, monóxido de carbono, dióxido de carbono, óxidos de nitrógeno, etc., siempre y cuando la cantidad tanto de diesel, etanol sea la adecuada para evitar que uno de estos compuestos afecten a las personas y al medio ambiente.

CONCLUSIONES

Los biocombustibles son una mejor alternativa a los combustibles convencionales, por las bajas cantidades de contaminantes que los biocombustibles emiten al medio ambiente.

La adición de aditivos a partir de nanopartículas, son aún una mejor opción a los biocombustibles, gracias a las mejoras en el poder calórico, menor tiempo de ignición y velocidad de combustión.

Las nanopartículas de óxido de titanio presentan una mejora en el poder calórico de un biocombustible, más que otros óxidos como el óxido de cerio y el óxido de hierro, a pesar que éste último presenta mejoras en todas las propiedades físicas y químicas cuando se trata de un biocombustible a partir de aceite de *Pongamia pinnata*.

El metanol ayuda de gran forma a obtener mejores eficiencias en el poder calórico, pero a la vez si este se excede en cantidades superiores a los establecidos según el biodiesel que estamos tratando, puede dar lugar al incremento de óxidos de nitrógeno.

REFERENCIAS

- [1] D. Andrés. Predicción y análisis de emisiones de mezclas combustibles diésel/biodiesel modificadas con Nanopartículas de alúmina y ácido oleico. 2017. Disponible: <http://www.redalyc.org/pdf/3420/342052520004.pdf>
- [2] D. Rocío. Optimización de la síntesis de biodiesel a través de nanotecnología. 2014. Disponible: <http://www.nanoporundia.org/web/wp-content/uploads/2014/04/optimizacion-de-la-sintesis-de-biodiesel-a-traves-de-nanotecnologia.pdf>
- [3] B. Carolina. Utilización de Nanopartículas de magnetita para mejorar los Procesos de Producción de Biocombustibles. 2016. Disponible: <http://www.miclubtecnologico.com.ar/blog/utilizan-nanoparticulas-de-magnetita-para-mejorar-los-procesos-de-produccion-de-biocombustibles-y-remediacion-de-efluentes/>
- [4] M. Jones. Estudio experimental de las características de la combustión mediante aditivos de óxido en biocombustible a nano escala. 2011.
- [5] Laboratorio Ames. Nanopartículas para biocombustibles más limpios y baratos. 2014. Disponible: <http://noticiasdejuarez.blogspot.com/2014/05/crean-nanoparticulas-para.html>
- [6] B. Dey. J. Talukadr. Producción de Biodiesel a partir de aceite de girasol utilizando nanopartículas de núcleo y cubierta bimetalica altamente catalíticas. 2014. Pdf. Disponible: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0360544214003296>
- [7] H. Kim. B. Choi. Effect of biosiese and bioetanol blended diesel fuel on nanoparticles an exhaust emission from CRDI diesel engine. 2009. Disponible: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0960148109001633>
- [8] Asdasdad
- [9] J.R. Pacheco., R. Prasher. Increased hot plate ignition probability for nanoparticle.. Diesel Fuel. 2008.
- [10] Y. Gan., L. Qiao. Combustion characteristics of fuel droplets. Combust flame. 2010.
- [11] J. Basha., R. Anand. Influence of nano additive biodiesel emulsionfuel on the working characteristics of a diesel engine. Pag 1-17. 2013.
- [12] J. Basha., R. Anand. Nano aditive blended biodiesel on the working characteristics of a diesel engine. Pag.257-264.2013
- [13] G. Kannan. R. Karvembu. Effect of metal based additive on performance emission characteristics of diesel engine fulled with biodiesel. 2011.
- [14] V. Selvan. R. Anand. Effects of cerium oxide nanoparticle addition in diesel and biodiesel with ethanol blends on the performance and emison characteristics of a combustion internal engine. 2009.
- [15] K. Fangsuwannarak. Improvements of palm biodiesel properties using oxide titanium nanoparticles additive.2013.
- [16] V. Escribano., E. Fernandez. Estudio de un catalizador de óxido de manganeso soportado por cerio-zirconio para la combustión de partículas de hollín en motores diesel. 2008.
- [17] M. Udayakumar. Effects of cerium oxide nanoparticles addition in diesel ethanol, diesel and biodiesel blends on the performance and emission characteristics of a combustion internal engine. Department of Mechanical Engineering. 2009.

- [18] Biooils. Biodisol. Que es el biodiesel. Proceso de transesterificación. 2015. Disponibles: <http://bio-oils.com/biodiesel/> y <http://www.biodisol.com/como-hacer-biodiesel-produccion-y-fabricacion-de-biodiesel-casero/el-proceso-de-transesterificacion-que-convierte-aceites-y-grasas-en-biodiesel/>
- [19] C. Oliveira., K. Kucek. Ethanolysis of refined soybean oil assisted by sodium and potassium hydroxides. 2007.
M. Rengasamy., K. Anbalagan., S. Mohanraj., V. Pugalenti. Biodiesel production from *Pongamia pinnata* oil using synthesized iron nanocatalyst, 2014. Pdf.