

PRODUCCIÓN DE BIODIESEL DE MORICHE (*Mauritia flexuosa*) COMO ALTERNATIVA ENERGÉTICA PARA LAS REGIONES APARTADAS DE LA ORINOQUIA COLOMBIANA

FORERO M.C. Ing. Qca. MSc.; GNECCO M.J. Ing. Mco. MSc.; TORRES M.A. Biologo PhD.
Facultad de Ciencias Básicas e Ingeniería Universidad de los Llanos mtorres38@unillanos.edu.co.
(Recibido: 20 de septiembre de 2003 - Aceptado: 10 de diciembre de 2003)

RESUMEN

En este trabajo se evaluó la utilización del aceite de Moriche (*Mauritia flexuosa*) en un proceso de transesterificación para obtener un biocombustible denominado Biodiesel, como posible solución energética en los sitios de la región de la Orinoquia que no tienen acceso al servicio de energía eléctrica.

Se caracterizaron físico-químicamente tanto el aceite como el metiléster (biocombustible) de moriche y se compararon los resultados con el éster de Palma (*Elais guineensis*) y con el biodiesel tipo comercial (éster metílico de aceite de

colza). En la extracción del aceite de Moriche se obtuvieron porcentajes de 0.8%, 1.55 a 1.70% y de 3.01 a 3.7 respectivamente cuando las bases de cálculo fueron el peso total del fruto, el peso de la pulpa o el peso de la "chicha" (aceite extraído del prensado de la cáscara y la pulpa). Los resultados de las pruebas físicas del metiléster de Moriche fueron: volatilidad 510 ppm, densidad 0.856 (a 24°C) y cloud point 4°C.

El análisis del morichal como sistema estratégico y solución energética puede satisfacer necesidades bá-

sicas proporcionando biomasa para la alimentación y energía al poder obtener un combustible a partir de su biomasa; ayudando a mantener los equilibrios ecológicos en la región, representados en la conservación de las fuentes de agua y hábitat para la fauna local.

El equipo de transesterificación diseñado en este trabajo mostró su funcionalidad para producir pequeñas cantidades de biodiesel, (40 litros por cochada), de una manera fácil y segura. El equipo fue construido a partir de algunos materiales reciclados,

de fácil consecución y la transesterificación se puede llevar a cabo en un solo recipiente, logrando un sistema total que no requiere una gran infraestructura.

Otro de los resultados de este trabajo, fueron las actividades demostrativas a la comunidad realizadas con el biodiesel de colza, mediante las cuales se dio a conocer al sector agrícola la posibilidad de usar el biodiesel como sustituto del ACPM.

Palabras claves: Moriche, biodiesel, biocombustible, transesterificación.

ABSTRACT

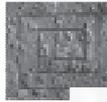
In this work the use of the oil of Moriche is evaluated (*Mauritia flexuosa*) in a process of Transesterification to obtain a denominated biocombustible Biodiesel, as possible energy solution in the places of the region of

the Orinoquia that it doesn't have access to the electric power service.

They were characterized physical-chemically so much the oil like the metilester (biocombustible)

of Moriche, and the results were compared with the palm éster (*Elais guineensis*) and with the biodiesel commercial type (methyl ester of colza oil). The extraction of the moriche oil was obtained

percentages of 0.8%, 1.55 to 1.70% and of 3.01 at 3.7 respectively when the calculation bases were the total weight of the fruit, the weight of the pulp or the "chicha" weight (it oils extracted of the one pressed



of the shell and the pulp). The results of the physical tests of the moriche metilester were: volatility 510 p.p.m, densidad 0.586 (a 24° C) and cloud point 4°C.

The analysis of the morichal like strategic system and energy solution can satisfy necessities basic giving biomass for en-

ergy feeding to the power to obtain a fuel starting from its biomass, helping to maintain the ecological balances in the region, represented in the conversation of the sources of water and habitat for the local fauna.

The transesterification team designed in this work showed its functionality to produce small quantities of

biodiesel, (40 liters for cochada), in an easy and sure way. the team was built starting from some recycled materials, of easy attainment and the transesterification you can carry out in a single recipient, achieving a total system that non needs a great infrastructure.

Another of the results of this

project went the demonstrative activities to the community, carried out with the colza biodiesel by means of those which gives to know to the agricultural sector the possibility to use the biodiesel like substitute of the ACPM.

Key words: moriche, biodiesel, biocarburante, transesterification.

INTRODUCCIÓN

La energía es el concepto que cruza todas y cada una de las actividades del universo.

La región natural de la Orinoquia colombiana productora de petróleo y gas natural, pero también biodiversa, no es ajena al problema energético colombiano, lo que constituye una contradicción que aún no encuentra camino de solución. Los habitantes de esta zona, como cualquier poblador de un "país en vía de desarrollo", recurre a la fuente más económica y a la mano, es decir, la leña. El deterioro ocasionado por la presión de uso sobre los bosques ha llevado a graves problemas de deforestación que repercuten directamente sobre el suelo y la biodiversidad existente; con el agravante que el daño no termina allí, sino que aumenta al afectar los ciclos biogeoquímicos importantes para el funcionamiento planetario.

Frente a este panorama aparecen soluciones viables

como son las energías alternativas o mejor "las energías para el desarrollo humano sostenible", que de forma localizada pueden contribuir a minimizar el problema energético tanto en la Orinoquia como en Colombia. Por lo anterior se abre la opción de usar un recurso natural propagado en la región como los Morichales, compuesto por la especie *Mauritia flexuosa*, palmera que como otras 46 especies existentes en la Orinoquia pueden ofrecer la posibilidad no sólo de generar recursos energéticos sino también alimenticios y medicinales. (Riva y Márquez, 1994).

Existen otros productos derivados de la biomasa como son los aceites vegetales o grasas animales, que luego de ser extraídos se someten a un proceso químico de esterificación donde al reaccionar con un alcohol (etanol o metanol) en presencia de un catalizador se obtiene un éster metílico o etílico, denominado biodiesel, que puede ser utilizado como combustible

en motores diesel.

La diversidad biológica ofrece la posibilidad de ser utilizada como fuente de bioenergía usando de manera racional los recursos biomásicos presentes en ella, recursos que desaparecen muchas veces sin ser conocidos y explotados por el hombre. Un ejemplo lo encontramos en la agricultura, que sólo utiliza entre 150 y 200 especies de un total considerado entre 10.000 a 50.000 especies comestibles, de un gran total estimado en 250.000 a 300.000 especies de plantas. (Instituto A. V. Humboldt, 1998), (Bohórquez, 1976).

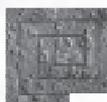
La idea de usar aceites vegetales como combustible para los motores de combustión interna data de 1895, cuando el Dr. Rudolf Diesel desarrolló el primer modelo de motor diesel. Diesel ensayó con diversos combustibles incluyendo aceites vegetales. En la demostración de su motor, en la Exposición Mundial de París en 1900, Diesel utili-

zó aceite de maní como combustible.

El biodiesel es un combustible de naturaleza renovable derivado de aceites vegetales o grasas animales y que puede ser utilizado como sustituto o complemento del diesel.

Para la obtención del biodiesel se parte desde la extracción de los aceites vegetales. Esta técnica puede ser sencilla con la utilización de medios mecánicos como una prensa para exprimir la semilla, o más compleja con el uso de solventes como el hexano, para obtener aceite bruto y un subproducto llamado torta que se utiliza en la alimentación animal. El aceite obtenido si se limpia de eventuales residuos e impurezas (ceras, gomas, etc), se corrige su pH (a neutro) y decolora, se transforma en aceite refinado. (Lognay y otros, 1987).

El proceso de transesterificación fue desarrollado en 1853 por los científicos E. Duffy y J.



Patrick cuarenta años antes que el Dr. Diesel desarrollara su motor de combustión interna. Antes de la segunda guerra mundial se introdujo el uso de aceites transesterificados como combustible en vehículos pesados en el África.

El biocarburante se obtiene mediante un proceso químico llamado transesterificación, en el cual los

aceites orgánicos son combinados con alcohol y alterados químicamente para formar un éster etílico o metílico, el cual recibe finalmente el nombre de biodiesel. Estas moléculas resultantes están compuestas por un ácido graso de cadena largas y un alcohol. (Paredes, Romero y Acevedo, 1985).

Durante la década de los

40, los franceses trabajaron con el aceite de piñón (*Jatropha curcas*) como combustible sin tener resultados positivos. Posteriormente se realizaron algunos ensayos en la República Federal de Alemania y Austria con aceite de colza (*Brassica napus*); y en Cabo Verde y en Malí también con aceite de piñón, obteniéndose excelentes resultados.

El presente trabajo planteó como investigación producir un biocarburante a partir del fruto de la *Mauritia flexuosa*, como una posible solución energética en los sitios de la región de la Orinoquia colombiana que no tienen acceso al servicio de energía eléctrica, pero que cuentan con el "Moriche", como ecosistema estratégico productor de energía.

La metodología usada en este proyecto se divide en dos partes: primero el proceso de obtención de biodiesel a partir del aceite de Moriche y segundo las pruebas físicas, químicas y bromatológicas realizadas.

1. El proceso general de obtención del biodiesel a partir del aceite de Moriche se realizó en las siguientes etapas: recolección de frutos de la palma de Moriche, extracción del aceite, diseño del reactor y proceso de transesterificación.

1.1. Recolección de los frutos de la palma de Moriche.

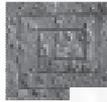
El ecosistema de Morichal proveedor de biomasa se ubica en los predios de la finca Manacacias, que la Universidad de los Llanos posee en el municipio de

Puerto Gaitán (Meta), del que se escogieron 16 sitios diferentes para la extracción de frutos. La ubicación espacial de los sitios de recolección, con el número de palmas y de racimos cosechados por muestra se encuentran en la siguiente tabla:

MATERIALES Y MÉTODOS

Tabla 1. Posición geográfica y número de palmas en los sitios de extracción de frutos.

Sitio	Latitud	Longitud	Altitud m.s.n.m.	N. de árboles X muestra	Número racimos
Pto Gaitán	N4.31337	W72.08755	170		
Fca. Manacacias	N4.17434	W72.04076	219		
Bosque (palma chuapo y Yagua)	N4.17410	W72.06902	180		
Moriche 1	N4.16835	W72.07092	187	1	2
Moriche 2	N4.16847	W72.07084	182	1	3
Moriche 3	N4.16582	W72.07084	180	1	1
Moriche 4	N4.16648	W72.06925	178	2	3
Moriche 5	N4.16668	W72.06846	181	1	1
Moriche 6	N4.16793	W72.06592	184	1	2
Moriche 7	N4.16775	W72.06441	183	1	2
Moriche 8	N4.16798	W72.06409	184	1	3
Moriche 9	N4.16840	W72.06329	184	1	2
Moriche 10	N4.16837	W72.06339	178	1	2
Moriche 11	N4.16736	W72.06390	177	2	3
Moriche 12	N4.16771	W72.06321	177	1	3
Moriche 13	N4.17500	W72.07528	172	1	3
Moriche 14	N4.17453	W72.07611	176	1	3
Moriche 15	N4.17422	W72.07673	179	1	2
Moriche 16	N4.17421	W72.07889	180	1	4
Totales				18	39



La cosecha de frutos se realizó sin afectar la planta, mediante la trepada en la palma, debido a que el sistema planteado con el uso de la desjarretadera no funcionó a causa del raquis leñoso que presenta la infrutescencia del Moriche (figura 1).

Los 16 sitios escogidos para la recolección de frutos estaban compuestos por 18 árboles que proporcionaron 39 racimos, con un peso final de 322 kilogramos de frutos. Después de cortados los racimos, se procedió a separar los frutos de la raquillas, con un total de éstas de 546 y 21.840 frutos, que fueron empacadas en costales de nylon de 50 kilogramos (ver figura 2).

1.2. Extracción del aceite de Moriche

El primer paso consistió en remojar los frutos en agua para ablandarlos y luego cocinarlos en una autoclave a 90°C por treinta minutos. Este procedimiento es necesario para evitar la degradación de las grasas presentes en el mesocarpio por procesos enzimáticos. Otro factor a considerar es la rápida descomposición del fruto que solo conservan sus cualidades por una semana.

El segundo paso consistió en que los frutos cocinados fueron sometidos a prensado en frío a una presión de 159kg/cm², con el uso de una prensa hidráulica manual. Este paso se realizó dos veces. Con el primer prensado se macera el mesocarpio junto con el

exocarpio, sin que la semilla presente ningún signo de daño. Luego se extrae la semilla y somete nuevamente a prensado la cáscara y pulpa. De aquí se obtiene una sustancia espesa de color amarillo denominada “chicha”, que contiene aceite, agua y otra serie de compuestos como carbohidratos.

Para la ejecución de esta fase fue necesario la fabricación de un “tambor de prensado” con orificios adecuados para evitar que el mesocarpio, que se convierte en una masa fibrosa, saliera por ellos al someterse a presión.

En la siguiente figura se puede observar cada uno de los pasos ejecutados en la primera parte de la extracción del aceite de Moriche.

La “chicha” obtenida, se somete luego a una extracción por solventes con hexano para extraer finalmente el aceite que será empleado en la producción de Biodiesel de Moriche.

1.3. Diseño del reactor

La otra parte del proceso involucró el diseño y construcción de un equipo piloto para transesterificación con tecnología apropiada para la región de la Orinoquia colombiana en la Universidad de los Llanos.

En la fabricación del transesterificador se buscó que el diseño cumpliera con las siguientes características:

- Bajo costo de fabricación,
- Uso de materiales reci-

clados para su construcción.

- Fácil instalación, manejo y mantenimiento.
- Portátil (puede ser usado en diferentes lugares por más de un usuario).
- Compacto (esterificación, almacenamiento y recuperación de alcohol).
- Con normas de seguridad industrial adecuadas al proceso.
- Producción con parámetros de calidad.
- Diseño óptimo para el proceso químico.

Para la construcción del reactor se utilizó un barril* de 50 litros de capacidad como tanque esterificador (figura 4). El recipiente se sometió luego a un proceso de inspección para determinar los posibles daños y fugas existentes. Se efectuaron además otra serie de acondicionamientos necesarios como los orificios para carga y descarga de las materias primas y producto final; montajes y adaptaciones necesarias para la instalación del agitador eléctrico, instalación del control de temperatura y la conexión al sistema de recuperación de alcohol.

La utilización de este tipo de tanques es factible por su fabricación en acero inoxidable que evita la corrosión causada por los aceites, soporta las presiones originadas durante el proceso y además reduce los costos económicos en la construcción del reactor de transesterificación.

Otro componente importante del sistema es el agitador, encargado de homogeneizar la mezcla de

las sustancias utilizadas para la producción del Biodiesel. La agitación debe ser intensa durante todo el tiempo de reacción (2 horas a 60°C) para evitar retrasos o procesos incompletos.

Para la fabricación del agitador se utilizó un motor eléctrico a 110 voltios 300 Watt, a 1.740 rpm, con eje en bronce montado sobre balineras extendido 45 cm y paleta agitadora en pvc de 20 cm. de largo. El agitador se ubicó en la parte superior del tanque con sus soportes correspondientes y aditamentos para evitar la vibración causada por la prolongación del eje.

La fuente de calor, necesaria para llevar a cabo el proceso de transesterificación y de la cual depende la velocidad con que se realiza la reacción, se diseñó utilizando un quemador y su respectivo regulador de paso conectados por tubería de cobre a un cilindro de 40 libras de gas (GPL). Para controlar la temperatura del proceso se instaló un termómetro de 130°C, en un orificio previamente realizado, cuyo bulbo se ubicó dentro del tanque de esterificación.

El sistema de recuperación del alcohol, es un condensador el cual se fabricó a partir de tubería de pvc (agua potable) con sus respectivas entradas y salidas para agua, y tubería en bronce con conexiones al tanque de esterificación y al recipiente colector del alcohol. Su funcionamiento es simple y consiste en conectar el tubo de bronce

* Utilizados por la industria cervecera para distribuir su conocida “cerveza del barril”.



Figura 1. Método de recolección de frutos de palma Moriche. Foto tomada por M. Torres



Figura 2. Racimo y raquila con frutos de palma Moriche (*M. flexuosa*). Foto tomada por M. Torres



Figura 3. Proceso de extracción de aceite de Moriche por presión en frío.



Figura 4. Reactor de esterificación diseñado en la Universidad de los Llanos.

(que está dentro del tubo de pvc) al tanque esterificador para que el alcohol evaporado (entre 110°C y 125°C) entre y atraviese la camisa de refrigeración (con menor temperatura por la presencia de agua fría), se condense y salga en forma líquida para ser almacenado y utilizado de nuevo en otras reacciones de transesterificación.

Es importante la función de este sistema (debido al uso en exceso de alcohol como

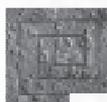
agente de transesterificación para asegurar una reacción completa) para garantizar la calidad del producto (el exceso de alcohol disminuye el flash point), disminuir los costos de producción y atenuar daños a la salud humana y al ambiente.

1.4. Proceso de transesterificación

La transesterificación es un proceso relativamente sencillo que se lleva a cabo en un reactor donde las sus-

tancias reaccionantes a una temperatura y agitación adecuada, en un tiempo determinado forman el éster (Biodiesel) del aceite vegetal empleado. La utilización de reactivos se hace en proporción de pesos (porcentaje). El aceite corresponde al 100% y sobre su peso se calculan proporciones del 20% para el agente esterificante y 0,8% para el catalizador. Con la proporción de un 20% para el alcohol se trabaja con exceso, necesario para una

adecuada reacción. La proporción del catalizador puede variar de acuerdo a la acidez del aceite, porque debe asegurarse una cantidad suficiente de hidróxido de sodio que permita no sólo neutralizar los ácidos, sino también actuar como catalizador. Al final de la reacción se adiciona ácido acético glacial para evitar que ésta se invierta debido al catalizador que puede operar en el sentido de la esterificación o en sentido inverso, la hidrólisis.



En la siguiente ecuación se sintetiza el proceso de transesterificación:



El proceso parte con la filtración de un aceite vegetal en caliente que luego es llevado a una temperatura de 50–60°C donde se le hace reaccionar con el agente esterificante, un alcohol (metanol) en presencia de un catalizador, metóxido de sodio (ver figura 5). La

transesterificación se efectúa a presión atmosférica, con aporte de energía para mantener la temperatura de reacción (temperatura de 60°C) y una agitación constante durante el proceso. El tiempo de reacción fue de 2 a 6 horas en función de la temperatura.

El proceso de transesterificación transforma el aceite vegetal en una sustancia con estructura lineal de menor viscosidad que presenta características similares al diesel (ACPM) utilizado actualmente, y sin efectos negativos sobre el ambiente.

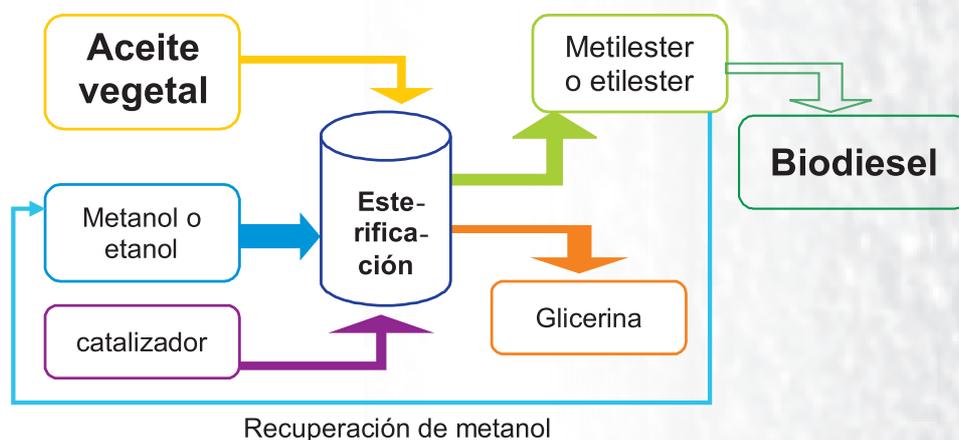


Figura 5. Proceso detallado de producción de biodiesel utilizado en el proyecto.

2. Pruebas físicas, químicas y bromatológicas

2.1. Pruebas físicas y químicas

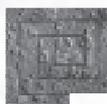
Las pruebas físicas y químicas utilizadas para corroborar la transformación del aceite de moriche en metiléster fueron las siguientes:

Volatilidad: muestra la presencia de alcohol en el biodiesel producido.

Densidad: esta medida física se realizó a temperatura ambiente y se empleó un picnómetro de 10ml y una balanza de precisión digital.

Cloud Point o punto de enturbiamiento: muestra la temperatura a la que comienzan a formarse cristales dentro del combustible.

Prueba dinámica: ante la imposibilidad de efectuar la prueba de viscosidad, se utilizó el método dinámico, donde se comparó el tiempo que empleaba 1 ml de metiléster en recorrer una distancia X. La prueba sirve para comparar los compuestos obtenidos en cuanto a fluidez con los combustibles usados como estándares.



Cromatografía de gases: este análisis químico se efectuó en el laboratorio A.P.G. limitada en la ciudad de Bogotá. En el análisis de cromatografía de gases se valoró para el metiléster el contenido de ácidos grasos de cadena media (C12 a C18), mediante método U.S.P.

Para cada una de estas pruebas se empleó como patrón biodiesel industrial de colza y ACPM.

2.2. Pruebas bromatológicas

Las pruebas de bromatología se realizaron en el laboratorio de nutrición de la escuela de Medicina Veterinaria y

Zootecnia, adscrito a la Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales de la Universidad de los Llanos. Los ensayos para identificar el contenido mineral de la torta de moriche se efectuó en el laboratorio de suelos de la escuela de Ingeniería Agronómica utilizando absorción atómica.

RESULTADOS

En el proceso de extracción de aceite de Moriche se encontraron los siguientes resultados:

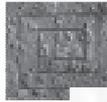
Tabla 2. Porcentajes de extracción del aceite de Moriche.

	Extracción 1 (%)	Extracción 2 (%)	Observaciones
Pulpa	53,3	46,5	Porcentaje se realizó tomando el peso total del fruto como 100%
Nuez	46,7	50,8	Porcentaje se realizó tomando el peso total del fruto como 100%
Pulpa exprimida	53,1	43,4	Porcentaje se realizó tomando el peso de la pulpa como 100%
Chicha (contenido líquido pulpa)	46,9	56,6	Porcentaje se realizó tomando el peso total del fruto como 100%
Aceite extraído	0,8	0,8	Porcentaje se realizó tomando el peso total del fruto como 100%
Aceite extraído	1,55	1,70	Porcentaje se realizó tomando el peso de la pulpa como 100%
Aceite extraído	3,31	3,01	Porcentaje se realizó tomando el peso de la "chicha" como 100%

Los residuos del proceso constituidos por exocarpio-mesocarpio (torta) y la nuez, se sometieron de nuevo a proceso de extracción con la utilización de solvente (hexano) y el método sohxlet. Para esta prueba se encontraron los siguientes datos:

Tabla 3. Resultados de extracción de aceite a partir de la torta y nuez de Moriche.

Prueba	Torta (gramos)	Contenido %	Observaciones
Extracción con Solventes (Hexano)	500	1,5	Se realizaron tres repeticiones encontrando el mismo porcentaje de contenido.
	Nuez (gramos)	Contenido %	
Extracción sohxlet	50	0,12	La nuez proveniente de la primera extracción se trituroó con molino de martillo.
Extracción sohxlet	50	0,32	La nuez proveniente de la segunda extracción se tostó y luego se trituroó.



A la torta se le realizó una prueba bromatológica, que arrojó los siguientes resultados:

Tabla 4. Resultado bromatológico de la torta de *M. flexuosa*.

Contenido	% Inicial	% Final
Humedad	42,05	3,81
Materia seca	57,95	96,16
Cenizas		2,81
Grasas		4,28
Proteína		5,40
Fibra cruda		32,37
ENN		51,33
FDN		54,51
FDA		38,25
Otros		
NDT		66,89
ED		2,95
EM		2,42
EB		3,94

En cuanto al contenido de sustancias minerales se halló la siguiente composición:

Tabla 5. Contenido de Nutrientes minerales del fruto de Moriche.

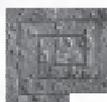
Contenido	p.p.m.
N	671
B	1250
Cu	2,50
Fe	125
Mg	175
Zn	13,75

Pruebas realizadas en el laboratorio de suelos de la Universidad de los Llanos, con equipo absorción atómica.

Las pruebas físicas obtenidas se relacionan en la siguiente tabla:

Tabla 6. Resultados de las pruebas físicas

Sustancia	Cloud point (°C)	Densidad (24°C)	Prueba Dinámica Tiempo en segundos	Volatilidad (p.p.m.)
Aceite Moriche	9,3	0.871		
Metiléster Moriche	4	0.856	10.13	510
Aceite seje	15	0.892		
Metiléster seje	9,3	0.857	10.41	530
Aceite palma neutra.	15	0.896		960
Metiléster pal.neutralizado	10	0.860		
Metiléster de refrito	10	0.851	7.72	
Diesel Oil (ACPM)		0.850	6.83	
Metiléster de colza		0.844	6.90	



Los resultados obtenidos en las pruebas cromatográficas para los metiléster son los siguientes:

Tabla 7. Contenido en porcentaje de ácidos grasos en metiléster de Moriche, seje y palma africana.

CONTENIDO EN %				
Ácido graso	Moriche	Seje	Palma	Método
Láurico C12:0	---	---	0,35	USP
Mirístico C14:0	---	---	1,09	
Palmítico C16:0	15,45	10,49	40,51	
Esteárico C18:0	1,41	3,53	3,90	
Oleico C18:1	79,33	80,08	41,47	
Linoleico C18:2	1,32	3,29	11,04	
Linolenico C18:3	1,06	0,83	0,26	

El moriche como un ecosistema estratégico puede satisfacer necesidades básicas proporcionando biomasa para alimentación y producción de energía, como se demostró en este proyecto a través de la obtención de un combustible a partir de su biomasa. Un desarrollo de este tipo representa un incentivo para el desarrollo económico, social y ambiental de estas áreas rurales.

Luego de realizar varias pruebas de transesterificación donde el sistema se sometió a cambios de temperaturas, diferentes cantidades de reactivos y proceso de decantación del producto final, el diseño mostró su funcionalidad para la producción de pequeñas cantidades de Biodiesel, 40 litros aproximadamente, de manera fácil y segura.

De igual forma reciclar aceites vegetales utilizados por restaurantes, hogares y excedentes provenientes de la

industria aceitera para la fabricación de Biodiesel se convierte no sólo en una nueva fuente de ingreso sino también en una forma de contribuir con la protección del ambiente, pues se evita que muchos de estos aceites sean arrojados en caños y ríos, depósitos finales de nuestros desechos.

Los resultados encontrados, que se consideran muy bajos por los porcentajes de aceite hallado en la pulpa, pueden estar supeditados a la calidad de los frutos utilizados, una mezcla entre frutos sobremaduros, maduros y verdes.

La torta (cáscara + pulpa) ofrece no sólo una fuente de aceite sino también de otros compuestos esenciales que pueden ser usados en alimentación animal. Los porcentajes de proteína (5,40%), fibra cruda (32,37%) y grasas (4,28%) muestran que la torta de Moriche puede ser utilizada como un suplemento en la alimentación animal, espe-

DISCUSIÓN

cialmente de bovinos, lo que representaría un valor agregado a la producción de biodiesel de Moriche.

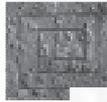
En la región de los llanos la oferta de este tipo de producto como suplemento para la alimentación animal es proporcionada por la torta de palma africana.

En el fruto de Moriche se encontraron altos contenidos de Boro, Nitrógeno y Magnesio (tabla 5), que podrían constituir un suplemento mineral importante.

En relación a las pruebas físicas se puede ver que las normas de fabricantes internacionales determinan que los biocombustibles no deben presentar volatilidades mayores a 1.000 ppm, que indica un exceso de alcohol y por lo tanto pérdida de éste. En el proceso llevada a cabo para cada uno de los aceites sometidos a esterificación se encontraron resultados por debajo del máximo de norma (tabla 6).

En cuanto a la densidad los metiléster de aceites de Moriche, Seje y palma africana, presentan densidades similares a la del ACPM y a la del metiléster de colza usados como estándar (tabla 6). Densidades menores a 0,9 mejoran la calidad del encendido del combustible ya que cuanto más ligero sea más fácil se enciende en general. (Paredes, Romero y Acevedo, 1985)

Comparando las temperaturas obtenidas en la prueba de cloud point para los diferentes metiléster, moriche, seje, palma africana, se observa que un valor de 4°C para el biodiesel de moriche contra valores de 9,3 y 10 para los metiléster de seje y palma africana, es una temperatura que favorece su uso como biocarburante (tabla 6). Temperaturas de 4°C en la región no se alcanzan y por lo tanto el problema de obturación de filtros y conductos está descartado a este nivel, lo cual



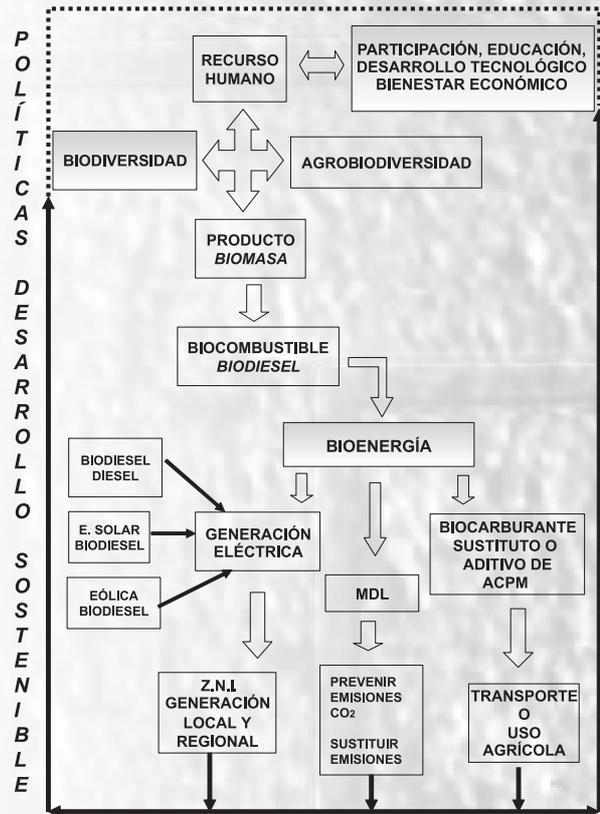
no se garantiza si se usan los otros metiléster que presentan problemas cuando las temperaturas alcancen los 10°C.

La utilización del Moriche como proveedor de biomasa para la producción de un biocarburante como el biodiesel abre expectativas a otras especies de palmas y oleaginosas presentes en la Orinoquia como fuentes de aceites con destino a la producción de biocarburantes.

Este proyecto buscó involucrar la biodiversidad como abastecedora de materia prima en la generación de energía, elemento vital en el desarrollo integral de una población. Se confirmó que desarrollos tecnológi-

cos basados en sistemas sencillos pueden ser dirigidos a las comunidades que cuentan con el recurso natural para que vislumbren y hagan propio, la posibilidad de utilizar una fuente energética limpia y económica que mejore su calidad de vida y conduzca a la preservación del ambiente. Planteándose el siguiente modelo de desarrollo para la producción de biodiesel.

Por último, La Orinoquia, puede alcanzar su propio desarrollo partiendo de proyectos que combinen su riqueza como región tropical, la biodiversidad y protección de su ambiente y la producción de energía para un desarrollo sostenible; que se resumen en trópico, ambiente y energía.



REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BOHÓRQUEZ, J. 1976. Simposio Internacional sobre plantas de interés económico de la flora amazónica: monografía sobre *Mauritia flexuosa* L. et F. Pie de imprenta Turrialba: IICA-Tropicos. Turrialba, Costa Rica. Pp. 233-245.

BORGTOFT PEDERSEN, H Y H. BALSLEV. 1990. Ecuadorean Palms for Agroforestry, AAU Reports 23. Botanical Institute Aarhus University.

BRAUNSTEIN, H., ET AL. 1981. Energy systems and the environment. Pergamon Press. New York. EUA.

CONFERENCIA DE NACIO-

NES UNIDAS SOBRE FUENTES DE ENERGÍAS NUEVAS Y RENOVABLES. 1981. Informe del Comité Técnico sobre energía de la Biomasa. Enero 28 de 1981. New York. EUA.

DELEAGE, J.YC. SOUCHON. 1991. La energía: tema interdisciplinar para la educación ambiental. Monografía de la Secretaría de Estado para las políticas del agua y del Medio Ambiente. Madrid. España.

Colombia Primera Comunicación Nacional ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático. 2001.

DE LOS HEROS, M. Y J. ZÁRATE. _____. Posibilidades papeleras de pulpa al sulfato de peciolos de aguaje (*Mauritia flexuosa*) Revista Forestal del Perú. Pp. 83-89.

FAO/CATIE. 1983. Informe de la reunión de consulta sobre palmeras poco utilizadas de América tropical. Turrialba. Costa Rica.

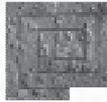
FERNÁNDEZ, J. 1997. "Cultivo energético: una alternativa". En: El campo y medio ambiente. Editorial Sopec. S.A. Colección Banco Central Hispano. Madrid. España. 205-216.

GALEANO, G. 1991. Las

palmas de la región de Araracuara. Editores Juan Saldarriaga y Thomas Van der Hammen. Programa Tropembo-Colombia. Bogotá D.C. Colombia.

GEMINI, A. 1994. Prove sperimentali di un motore diesel azionante un trattore forestale alimentato con combustibile vegetali. Tesis de grado. Facultad de Ingeniería, Universidad de Roma "La Sapienza". Roma. Italia.

HENDERSON, A., G. GALEANO Y R. BERNAL. 1995. Palms of the Americas. Princeton University Press. Princeton, New York. E.U.A.



REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- HERMOSO, M. 1997. Energías alternativas de carácter renovable. Universidad de Jaén. Jaén. España.
- ICONTEC. 2002. "Calidad del aire, procedimiento de medición y características de los equipos de flujo parcial necesarios para evaluar las emisiones de humo generadas por fuentes móviles accionadas con diesel". Norma técnica colombiana NTC 4231. Bogotá D.C. Colombia.
- Información de la Universidad agraria LA MOLINA sobre la palma aguaje. Lima. Perú.
- Instituto A. V. Humboldt, Ministerio del Medio Ambiente. 1998. Política Nacional de biodiversidad. Bogotá D.C. Colombia.
- LLERAS, E. y L. CORADIM. 1983. "La palma Macauba (*Aeromia Aculeata*) como fuente potencial de aceite combustible". En: CATIE/FAO. Turrialba. Costa Rica.
- LOGNAY, G., y OTROS. 1987. "Investigación sobre el aceite de *Mauritia flexuosa* L." En: Grasas y Aceites. Vol 38 (5): 303-306.
- MOORE, 1973. En: Henderson, Galeano y Bernal 1995. Palms of the Americas.
- MORENO, F., M. MUÑOZ y J. MOREA-RUY. 1999. "Sunflower Methyl Ester as fuel for automobile diesel engines". En: American society of agricultural engineers. Vol 42 (5): 1118-1185.
- PAREDES, G., C. ROMERO y L. ACEVEDO. 1985. "Evaluación del uso del aceite de palma africana como componente de combustible diesel". En: Revista Ion 9 (1): diciembre 1985. Bucaramanga. Colombia. Pp. 37-50.
- PATÍÑO, V. 1983. Informe por países. En Informe de la reunión de consulta sobre palmeras poco utilizadas de América Tropical. CATIE/FAO. Turrialba, Costa Rica.
- Proyecto de ley 170. "Por medio de la cual se fomenta la utilización de alternativas de energización para el sector rural, zonas de acceso difícil, y las islas de San Andrés y Providencia".
- RESTREPO, J. y E. DURÁN. 1988. Proyecto investigación: evaluación físico-química y nutricional de las diferentes especies de palmas amazónicas en la región de Araracuara. Corporación Araracuara-Universidad del Valle. 33 p.
- RIVA G. y L. MÁRQUEZ. 1994. Utilización energética de la producción agrícola comunitaria con especial referencia a las oleaginosas. En: Los cultivos no alimentarios como alternativa al abandono de tierras, serie técnica N. 8. Editorial Agrícola Española, S.A. Fundación "la Caixa". Madrid. España.
- ROMERO, G. 2001. Los biocombustibles ¿Una alternativa viable para Colombia?. Universidad de los Llanos. Villavicencio. Colombia.
- RUIZ, J. 1993. Alimentos del Bosque Amazónico: una alternativa para la protección de los bosques tropicales. UNESCO, Oficina Regional de Ciencia y Tecnología. Montevideo, Uruguay.
- The European Biodiesel Board (EBB). En: www.ebb-eu.org.
- TRINDADE, S. 1990. "Alternative transport fuels". En: "Alternative liquid fuels. Energy Research Group. Ottawa, Ontario. Canada.
- URREGO GIRALDO, E. 1987. Estudio Preliminar de la Fenología de la Canangucha (*Mauritia flexuosa*). Corporación Araracuara – Universidad Nacional de Medellín – Trabajo de Grado. Medellín. Colombia. 115 pp.
- URREGO GIRALDO L. E. 1987. Estudio Preliminar de la Fenología de la Canaguacha (*Mauritia flexuosa* L.F). Colombia Amazónica, Vol. 2, N. 2.
- USOS DE LOS SISTEMAS DE PERCEPCIÓN REMOTA. 1977. Evaluación del potencial de la palmera Aguaje en la selva peruana. Oficina Nacional de evaluación de Recursos Naturales HONREN - Agencia Internacional para el Desarrollo AID. – Lima, Perú.
- VEGA, J., F. CASTILLO y J. CÁRDENAS. 1993. La bioconversión de la energía. Pirámide Editores, S.A. Madrid. España.
- WOODS, J. y D. O. may. 1995. Bioenergy for development technical and environmental dimension. FAO. Environment and energy paper 13. Roma. Italia.