

Alcoholes y aceites vegetales carburantes

Una alternativa energética «limpia» para Colombia

(Primer informe)

Lesmes Corredor* , Adrián Avila**,
Iván Almenárez***, Alberto Flórez Castro***

Grupo de Investigación en Uso Racional de la Energía y Preservación del Medio Ambiente
(e-mail: urema@uninorte.edu.co)

Resumen

En este primer informe se muestran las nuevas tendencias para mejorar la calidad de los combustibles líquidos derivados del petróleo, especialmente la oxigenación. Está comprobado que esta última se traduce en una combustión más eficiente y en una reducción significativa de las emisiones contaminantes. El método propuesto para llevarla a cabo consiste en la adición de alcohol anhidro a la gasolina en las proporciones adecuadas, de forma que se garantice el normal funcionamiento del motor sin modificar sustancialmente sus características constructivas; de igual manera se procede con la oxigenación del ACPM mediante la mezcla con metil ester obtenido de aceite de palma africana. Vale la pena resaltar que para la obtención de este último es indispensable contar con etanol de muy bajo costo, al igual que para la oxigenación de la gasolina. En este macroproyecto se busca obtener etanol a partir de la YUCA conjuntamente con alimentos concentrados para animales, de tal forma que la producción del alcohol sea económicamente rentable. El cultivo masivo de yuca traería grandes beneficios no sólo a la Costa Caribe sino al agro colombiano en general, e igualmente podría ser un estímulo para la sustitución de cultivos ilícitos.

Palabras claves: Combustibles alternativos, contaminación atmosférica, oxigenación de combustibles, metil éter, palma africana, motores de combustión interna, emisiones vehiculares, gasolinas reformuladas.

Abstract

In this first report the authors expose the environmental benefits of Oxygenation of Petroleum Liquid Fuels, especially gasoline and Diesel oil. Traditionally, the gasoline quality is improved by blending with waterless alcohol. In this Macro-project the Alcohol will be obtained by the fermentation of YUCA or CASSAVA, this plant is very common in warm weather areas and the technical and economical feasibility of the Program Implementation in Colombia is very high when the obtention of alcohol is accompanied with production of animal feeds. Furthermore,

Fecha de recepción: 14 de marzo de 2000

* Ingeniero Mecánico de la Universidad del Norte; Doctor en Ingeniería Mecánica de la Universidad Politécnica de Madrid; profesor del Departamento de Ingeniería Mecánica de la Universidad del Norte. (e-mail: lcorredo@uninorte.edu.co).

** Ingeniero Mecánico de la Universidad del Norte.

*** Estudiante de último semestre del programa de Ingeniería Mecánica de la Universidad del Norte.

this ethanol will be raw material for producing Palm Oil Metyl Ester, this last one is used to oxygenate of Diesel fuel. In Colombia, this alternative would represent an important chance to reactivate several and extent agricultural zones.

Key words: Internal combustion engines, alternative fuels, ethanol, methyl ether, palm oil, air pollution, fuel oxigenation, reformulated gasolines, vehicle pollution.

LISTA DE ABREVIATURAS

- ACPM	= Aceite combustible para motores	- CO	= Monóxido de carbono
- CO	= Dióxido de carbono	- E.U.	= Estados Unidos
- ECOPEPETROL	= Empresa Colombiana de Petróleos	- HC	= Hidrocarburos
- NOx	= Oxidos nitrosos	- PM	= Material particulado

INTRODUCCIÓN

La utilización de aditivos oxigenantes en los combustibles líquidos derivados del petróleo simplemente mejoran la combustión, y de esta manera se reducen las emisiones contaminantes a la atmósfera y al suelo. Hay varios aditivos para lograr este propósito: El más usado es el MTBE (Metil Terbutil Eter), muy empleado en Europa, Japón y los Estados Unidos. Igualmente está el aditivo metálico MMT con base en manganeso, y los alcoholes como el metanol, obtenido principalmente del gas metano, y el etanol, obtenido mediante la fermentación de productos agrícolas y que cada vez cobra mayor importancia a nivel mundial en la reformulación de las gasolinas. Aunque desde hace varias décadas se viene utilizando como combustible sustituto en países como Brasil, no es ése el objeto en las naciones altamente desarrolladas

Recientemente en California se ha ordenado suspender el uso del MTBE a partir del año 2002 [1], ya que se ha

encontrado que este aditivo, por ser muy pesado, al ser derramado sobre el suelo contamina las aguas subterráneas. Esta medida tiene muy complacidos tanto a los grupos ambientalistas como a los productores de alcohol estadounidenses, ya que esta iniciativa redundaría en una producción diaria de 12 millones de litros, con la correspondiente disminución de las importaciones de petróleo [2].

Ecopetrol importa unos 32 mil barriles diarios de gasolina Premiun para satisfacer la demanda interna, que para este año puede costar US\$370 millones, y mejorar la calidad media de la gran variedad de sus propias gasolinas, que son de bajo octanaje. Por esto, se está pensando en la implementación de un programa de producción de alcoholes que finalmente serían mezclados con la gasolina (10% de alcohol y 90% de gasolina), con el fin de reducir las importaciones de combustible y lograr un claro beneficio ambiental, además de lograr la reactivación del sector agrícola.

1. Generalidades

Los biocombustibles son combustibles alternativos basados en fuentes renovables de energía, dentro de los cuales se distinguen dos grupos:

1. *Aceites vegetales o bioaceites*: tanto en forma de aceites sin refina extraídos de plantas oleaginosas como de aceites químicamente modificados (éster metílico o etílico); el equivalente fósil de los aceites vegetales es el ACPM o gasóleo.
2. *Alcoholes carburantes*: Dentro de este tipo se encuentra el alcohol etílico o bioetanol, obtenido por destilación de los cultivos azucareros o bien de su derivado químico que es el ETBE (éter terciario butílico etílico); el equivalente fósil del etanol es la gasolina y del ETBE es el éter terciario butílico metílico (MTBE).

La experiencia de países como Brasil, Estados Unidos de América, Canadá, Malasia e Indonesia, entre otros, nos muestra que el etanol, por ejemplo, se puede obtener de gran variedad de cultivos, entre los que se encuentran la caña de azúcar, el maíz, la remolacha y la yuca, con excelentes resultados en los motores de encendido por chispa ciclo otto; y que los aceites vegetales obtenidos a partir del girasol, colza, algodón, cacahuate, soya y la palma africana tienen una gran aplicación en los motores de ciclo Diesel (también conocidos como encendido por compresión), que trabajan con combustible Diesel o ACPM.

2. Etanol

En nuestro país ha entrado en vigor la Resolución 898 del 23 de agosto de 1995 del Ministerio del Medio Ambiente, que ordena perentoriamente que a partir del 1 de enero del año 2001 todas las gasolinas que se consuman en Colombia deberán contener un mínimo de 2% en peso de oxígeno[3], lo cual se logra mezclando la gasolina con alcohol carburante, con el propósito de reducir emisiones de CO a la atmósfera, que ya alcanza niveles alarmantes en nuestras grandes ciudades.

Desde la década de los veinte se ha venido utilizando alcoholes carburantes como metanol, MTBE (*Metyl Tertiary Butyl Ether*), ETBE (*Ethyl Tertiary Butyl Ether*) y etanol, siendo este último el más recomendado por los investigadores. Aunque es posible emplear el alcohol etílico anhidro como combustible puro para motores, el uso más recomendado consiste en la mezcla de un 5 a 10% en la gasolina, ya que a esta concentración no son necesarias modificaciones en los motores para su correcto y confiable funcionamiento. Esta mezcla provee una combustión limpia que beneficia el rendimiento del motor y al medio ambiente[4].

Tabla 1

FÓRMULA	Metanol	Etanol	MTBE	ETBE	Gasolinas
	CH ₃ OH	C ₂ H ₅ OH	C ₅ H ₁₂ O	C ₆ H ₁₄ O	—
Contenido Ox. (%peso)	50.0	34.8	18.2	15.7	0
Dosado Estequiométrico	6.4	9.0	11.7	12.1	14.8
Densidad (kg/m ³)	796	794	745	747	720/785
T. de ebullición	65	78.3	55	71.7	30/210
RVP a 38 o C (bar)	0.32	0.16	0.54	0.28	0.48/0.78
RVP de la mezcla con gasolina (2.7% Ox.)	2.14	1.24	0.55	0.28	0.55
Calor de vaporiz. (kJ/kg)	1100	850	320	310	330
P.C.I. másico (kJ/kg)	19300	26800	35250	36000	42700
P.C.I. volumínico (kJ/l)	15500	21285	26260	26910	32020
Índice Octano RON	120	120	118	118	95/98
Índice Octano MON	95	99	102	102	85/90
Solubilidad en agua (%)	100	100	4.3	1.1	0.1

En la tabla 1 se comparan los niveles de oxígeno en peso de los alcoholes metanol y etanol con los del MTBE. La densidad del metanol y etanol está un poco más elevada que el rango de valores entre los cuales se encuentra la gasolina convencional, lo que se ve reflejado durante el proceso de atomización dentro de la cámara de combustión del motor, por lo que el uso de alcoholes en vehículos con carburador (los cuales representan un 80% del parque automotor actual) no es notablemente afectado, como lo podría ser su utilización en vehículos con nuevas tecnologías como son la inyección elec-

trónica. Otra propiedad muy importante es el número de octano, el cual mide la calidad antidetonante del combustible y es muy elevado en los alcoholes, comparado con el rango de valores entre los cuales se encuentra la gasolina, lo que constituye una de sus principales ventajas, ya que muestra la capacidad para aumentar el número de octano al ser utilizado como oxigenante en la gasolina colombiana.

Por otra parte, con la mezcla propuesta de 10% de alcohol y 90% de gasolina, según pruebas efectuadas por la Corporación para el Desarrollo In-

dustrial de Biotecnología y Producción Limpia, «CORPODIB» [6], se obtiene una dismunición del 27% en peso en las emisiones de monóxido de carbono, equivalente a 237.500 toneladas por año, una reducción del 21% en las emisiones de hidrocarburos no quemados, que equivalen a 16.700 toneladas por año, con respecto a la gasolina pura. Es conveniente agregar que estos hidrocarburos reaccionan con la luz solar y con los óxidos de nitrógeno forman ozono y «smog» fotoquímico.

La producción de etanol a partir de la yuca en la Costa Atlántica—un cultivo apto para este propósito debido a sus innumerables bondades y relativamente pocos cuidados, además de ser el cultivo que mayor cantidad de alcohol produce por kg de materia prima— representa una alternativa importante para la producción de oxigenantes de combustibles en Colombia y generación de empleo lo cual reactivaría el agro colombiano.

La experiencia internacional muestra que estos programas han sido determinantes para el desarrollo económico y social de países como Brasil, que en su momento se encontraba sumido en una crisis agraria parecida a la que atraviesa nuestro país en estos momentos. Por ejemplo, el representante del Brasil en 1986, Celso Ferreira Filho [7], anotaba que el programa de alcohol desarrollado con tanto éxito en Brasil había ayudado a que «paralelamente a la reducción de las reservas finitas del petróleo, el Brasil también ha sabido resolver sus problemas de polución

ambiental por el petróleo y otras sustancias tóxicas resultado de la combustión de los vehículos movidos con gasolina. En el período de diez años el programa estuvo sometido a un descrédito inicial, y después se tornó en un modelo perfecto para ser adoptado por otros países latinoamericanos, donde las posibilidades de la fotosíntesis vegetal ocurren durante los 365 días del año, condición indispensable para el éxito de la implantación de programas de energía renovable». Y agregó: «El balance económico-social de este Proyecto en Brasil, al término de los primeros diez años de vida, demostró haber contribuido de manera sensible y decisiva a mejorar la calidad de la vida en las comunidades rurales en donde se habían localizado las destilerías, colaborando de manera significativa al control del éxodo rural y de las corrientes migratorias. Allí donde se iban instalando nuevas refinerías se convertían casi de inmediato en polos de atracción, elevando las calidades de vida de las poblaciones relacionadas».

Según información suministrada a los autores por el profesor Carlos Garrido de la Universidad del Atlántico, para producir alcohol a partir de la yuca se necesita un área de 14.227 hectáreas, con un rendimiento promedio de 25 toneladas/ha para la obtención de 100.000 litros de alcohol carburante/día y una inversión en infraestructura cercana a los US\$ 28 millones. Esta cifra contempla la producción combinada de etanol y alimentos concentrados en pequeñas granjas.

Actualmente Colombia se autoabastece de gasolina corriente pero recibe

aproximadamente 32.000 barriles diarios de gasolina Premium procedentes del exterior, los cuales significarán para el país en 1999 erogaciones del orden de los 370 millones de dólares, cifra que depende, lógicamente, de los precios internacionales del petróleo [5]. Si se utilizara una mezcla de 10% en peso de alcohol en gasolina, se deberían producir 13.097 barriles diarios de alcohol para suplir la demanda nacional de combustible, misma cantidad que representa la reducción de un 41% en la importación de combustible. Para alcanzar esta producción se cultivarían 303.254 hectáreas de yuca y se hará una inversión inicial de US\$ 596 millones según las cifras expuestas anteriormente. Esta inversión elevada en principio, se «diluye» cuando se implementa la producción combinada de alcohol con alimentos concentrados para animales. A partir de 1 tonelada de yuca se pueden producir 128.3 litros de alcohol etílico al 98% de pureza. Considerando que la eficiencia en obtención de almidón, uno de los pasos en el camino hacia el alcohol, partir de la yuca es de 23.25% en promedio, se deduce que el 76.75% de la yuca que no se transforma en etanol se emplea en la fabricación de alimentos concentrados para animales. Es decir, de la tonelada inicial para producir la cantidad de alcohol ya calculada, 767.5 Kg terminarán siendo alimento en la industria avícola y ganadera. Este hecho representa ingresos adicionales nada despreciables para la amortización de la inversión, y de esta forma se garantiza la rentabilidad de implementar programas de producción del oxigenante.

Por otro lado, actualmente se están realizando estudios de impacto ambiental con el fin de cuantificar los costos generados por la reducción de emisiones, además los beneficios sociales van desde la creación de gran cantidad de empleos hasta la sustitución de cultivos ilícitos, y reactivación del sector agrícola.

3. Aceites vegetales

El empleo de aceites vegetales como combustible en los motores de combustión interna no es nuevo. Rudolph Diesel utilizó el aceite de cacahuete como combustible de un pequeño motor diesel en la exhibición de París de 1900. En aquel momento la producción de aceites vegetales era más barata que la de los aceites minerales (petróleo), pero un rápido desarrollo de la industria derivada del petróleo modificó este mercado.

Con la crisis del petróleo de los años setenta, un notable incremento de los precios de éste mostró la dificultad de mantener un sistema industrial dependiente únicamente de unas fuentes de energía fósiles no renovables. A partir de este momento se incrementó el interés por estos combustibles renovables.

Austria fue la pionera del biogasóleo (aceite vegetal utilizado para la oxigenación del diesel) en Europa [8]. Por ser un país sin salida al mar, el transporte terrestre de los excedentes agrícolas resultaba excesivamente caro. Debido a ello se optó por la diversificación de cultivos, y se dedicó parte de los terrenos

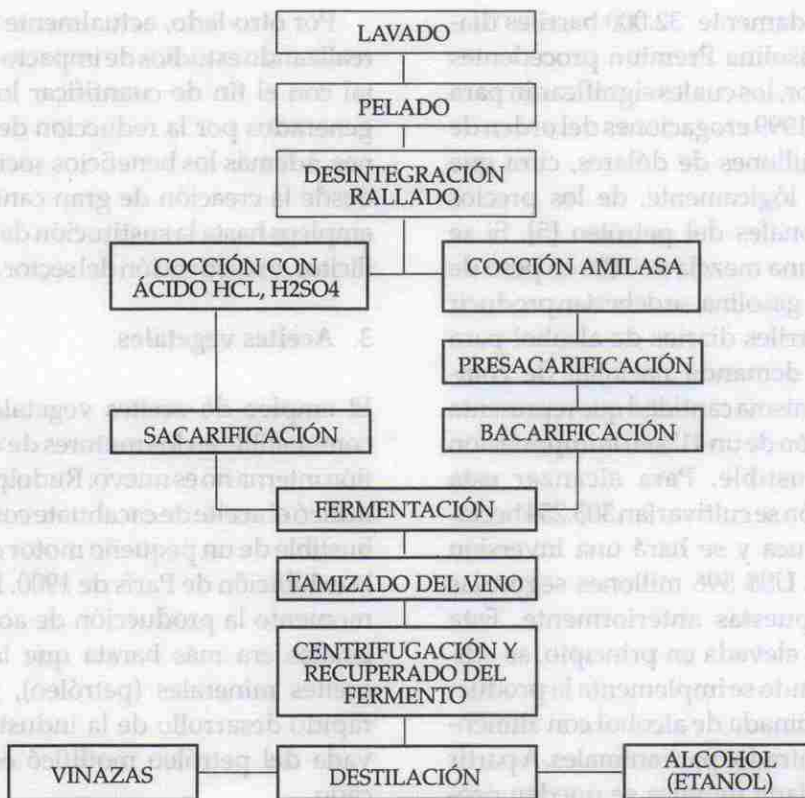


Figura 1
Proceso de obtención de etanol a partir de la yuca

al cultivo de soya para la producción de biogasóleo. Además aparece otro interés fundamental, el medio ambiental, buscando la conservación de las áreas naturales, tan explotadas en un país con una componente turística importante. Los primeros estudios comenzaron en 1982, la primera planta piloto para la fabricación de biogasóleo se realizó tres años después, y la primera planta de tipo industrial en 1991.

Además de Austria, en España se

han hecho pruebas con el éster metílico de girasol [8], el cual ha mostrado claramente sus ventajas, ya que su utilización produce una combustión más eficaz que el gasóleo, debido a las moléculas de oxígeno presentes en el éster que mejoran el rendimiento, y además se presenta una importante disminución en la cantidad de partículas emitidas (menor opacidad de humos) y en general una disminución de monóxido de carbono (CO) e hidrocarburos sin quemar (HC).

Tabla 2
Propiedades características de aceites y sus ésteres derivados

	GASÓLEO	ACEITES	ÉSTERES
Densidad a 20 o C (kg/m ³)	840	910/930	870/890
Viscosidad a 40 o C (Cst)	3/4.5	25/35	3.5/4.5
P.C.I. (MJ/kg)	43	35/38	36/39
P.C.I. (MJ/l)	36	32/35	32/34
Número de cetano	48/51	30/40	49/54
Residuo carbonoso (5)	0.1	—	0/-15
Punto de inflamación (°C)	65	—	120/170

La presencia de alcohol en el aceite para obtener un éster reduce la viscosidad del combustible, lo cual impide así el taponamiento de los inyectores del combustible, inconveniente que se presenta al emplear sólo el aceite vegetal. En la tabla se muestran las principales características de los aceites vegetales, y sus ésteres comparados con valores del gasóleo o ACPM. A pesar de que el contenido de azufre en los aceites vegetales es nulo, cumpliendo así con los objetivos ambientales, la viscosidad en éstos es muy alta para ser empleados en motores, como se observa en la tabla 2. Además, la adición de etanol incrementa el número de cetano del aceite y el punto de inflamación, con lo cual se obtiene relaciones de compresión más altas.

Los aceites escogidos en las investigaciones dependen de la planta oleaginosa más apropiada en función de disponibilidad para cada país. Es así como en España se usa el girasol, en

Alemania la colza y en Estados Unidos la soya, etc. [1].

En Suramérica, y más específicamente en Colombia, la palma africana ha encontrado las condiciones ideales para su cultivo. De ahí que desde su introducción al país a finales de la década de los cincuenta, con 18.000 hectáreas cultivadas, pasó a alrededor de 130.000 hectáreas actualmente, siendo el principal cultivo de oleaginosas del país [9], (ver figura 1). Pese a ocupar el cuarto lugar a nivel mundial en la producción de aceite de palma africana, la producción de aceite es mínima comparada con Malasia e Indonesia, principales productores, lo que sugiere la implementación de nuevas áreas aptas para el cultivo (ver figura 2). Además de esto, la palma africana es la oleaginosa de mayor cantidad de aceite por hectárea de cultivo. En Colombia la utilización de aceite vegetal extraído a partir del aceite de la palma africana para la oxigenación de

combustible diesel, al igual que la yuca para la oxigenación de la gasolina, re-
 prentan, como ya se dijo, una alternativa
 para el agro colombiano y la sustitución
 de cultivos ilícitos. Por esto, actualmente
 el Grupo de Investigación en uso Racional
 de la Energía y Preservación del Medio
 Ambiente de la Universidad del Norte y la
 Universidad del Atlántico se encuentran
 realizando pruebas acerca de la caracterización
 físico-química del aceite de palma africana,
 con el fin de determinar su viabilidad técnica
 como oxigenante del ACPM colombiano. Los
 resultados de dichas pruebas se darán a
 conocer en un futuro informe.

CONCLUSIONES

La utilización de alcoholes y aceites
 vegetales carburantes para la oxigenación
 del combustible colombiano representa
 grandes beneficios sociales, económicos y
 ambientales para el país, debido a que
 involucra diversos sectores como la industria,
 el campo y la sociedad en general, traduciéndose
 en fuentes de empleo y mejoramiento de la
 calidad de vida de las zonas donde se
 establezcan plantas industriales para la
 producción de biocombustibles; por otra
 parte, se contaría con el apoyo internacional,
 ya que se podría utilizar como un programa
 activo de sustitución de cultivos ilícitos.

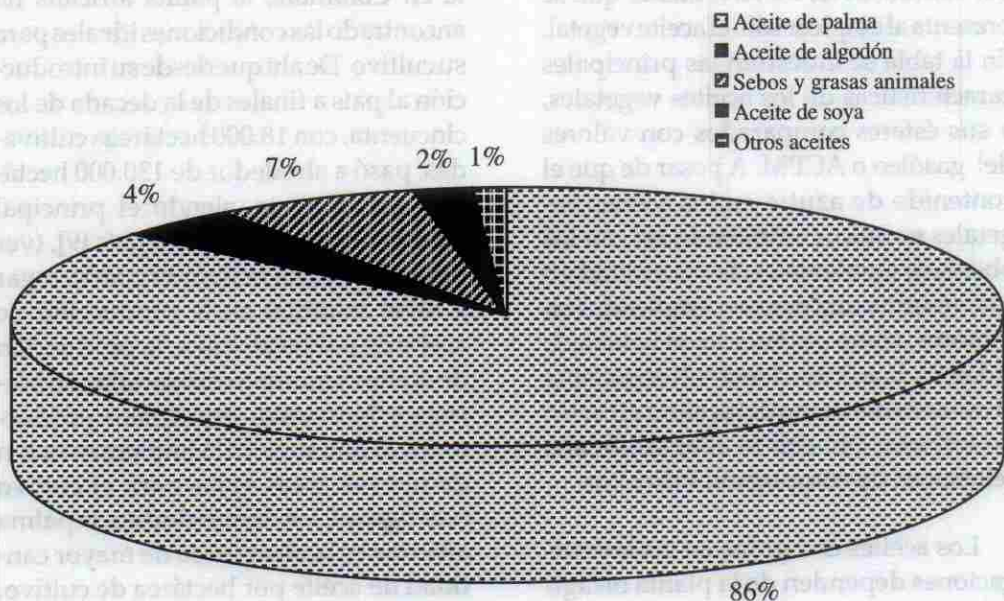


Figura 2
 Consumo de aceites y grasas en Colombia

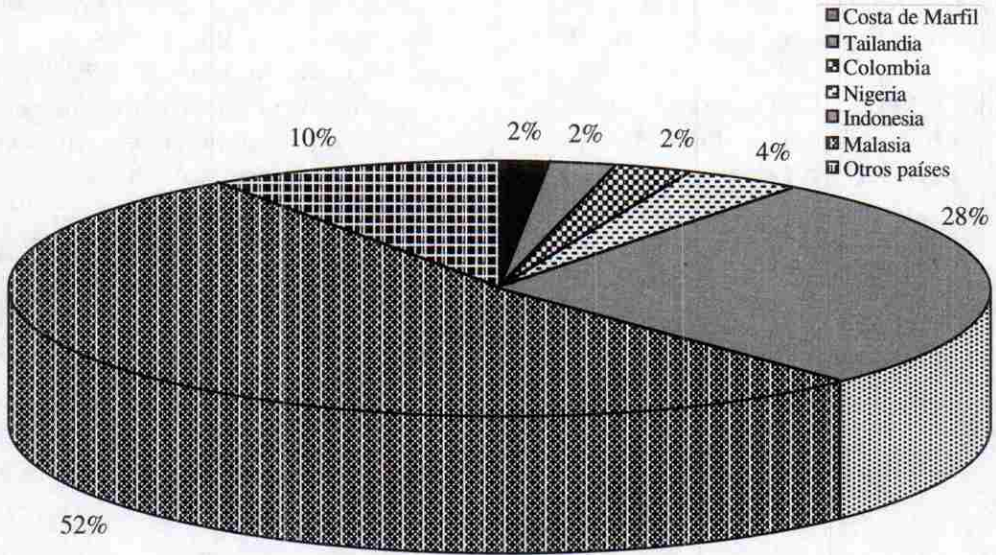


Figura 3
Producción mundial de aceite de palma africana

Es por eso que se deben encaminar todos los esfuerzos a la ejecución de un programa que promueva la utilización y desarrollo de estas fuentes de energía alternativa limpias, acabando con la dependencia de combustibles fósiles (derivados del petróleo) cuyas reservas se encuentran muy limitadas.

Agradecimientos

Los autores expresan su agradecimiento a los profesores William del Toro y Carlos Garrido por sus valiosos aportes, e igualmente al senador Salomón Náder por sus invaluable recomendaciones.

Referencias

- [1] DUFFIELD, J. y CHAOURY, H. *U.S. Biodiesel Development: New Markets for Conventional and Genetically Modified Agricultural Fats and Oil*. 1998.
- [2] BENDECK, Jorge. «El alcohol combustible: Una necesidad ecológica». *Diario La República*, octubre 23 de 1999.
- [3] ACOSTA, Amilkar. Proyecto de Ley por la cual se dictan normas sobre el uso de alcoholes carburantes, se crean estímulos para su producción, comercialización y consumo, se establece una contribución para fiscal y se dictan otras disposiciones. 1999.

[4] JHONS, Jefrie. *Ethanol F.A.Q.* 1999.
 [5] *Carta Petrolera*. Diciembre de 1999, p. 24.
 [6] CORPORACIÓN para el Desarrollo Industrial de la Biotecnología y Producción Limpias.

[7] FERREIRA, Filho. Simposio sobre el alcohol carburante. 1986.
 [8] MELGAR, Andrés y BRICEÑO, Yolanda. Posibilidades de utilización de los biocombustibles en motores de automoción. Abril de 1997.
 [9] *Anuario Estadístico de Fedepalma*. 1997.

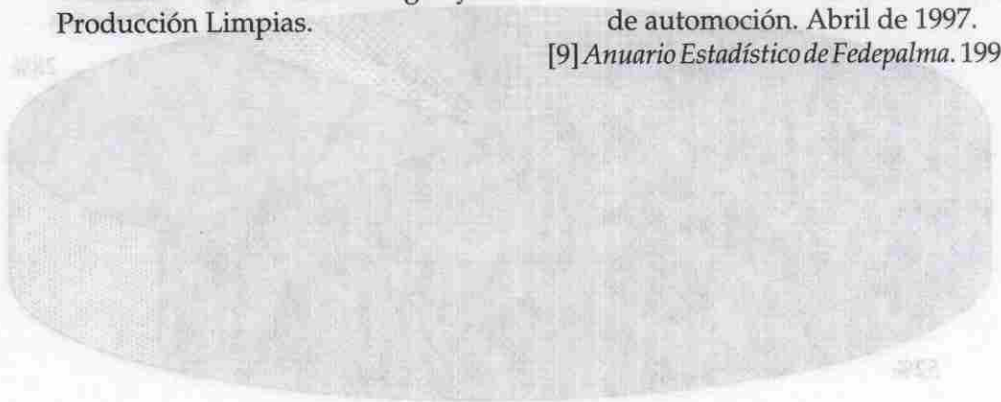


Figura 3
 Producción mundial de aceites de palma africana

Referencias

ANDERSON, J. y CHAGURY, H. U.S. Biofuel Development: A Strategic Plan for Commercial and Domestic Markets. Agricultural Research Service, 1998.
 ANDERSON, K. Jorge. - El alcohol como combustible. Una necesidad energética. Diario La Nación, octubre 23 de 1999.
 AGOSTA, Amílcar. Proyecto de ley por el cual se dictan normas sobre el uso de aceites carburantes, se crean estaciones para su producción, comercialización y consumo, se establece una comisión para fiscal y se dictan otras disposiciones.

El problema que se debe solucionar todos los esfuerzos a la ejecución de un programa que promueva la utilización y desarrollo de estas fuentes de energía alternativa limpia, acorde con la dependencia de combustibles fósiles (derivados del petróleo) que se consume en cantidades muy limitadas.

Agradecimientos

Los autores expresan su reconocimiento a los profesores William del Toro y Carlos Carrizo por sus valiosos aportes y comentarios durante el desarrollo de esta investigación.