

**Análisis de la Demanda de Caña de Azúcar
para la Industria del Etanol en la República
Dominicana**

Kalvin January Bencosme López

Zamorano, Honduras
Diciembre, 2008

ZAMORANO
CARRERA DE ADMINISTRACIÓN DE AGRONEGOCIOS

Análisis de la Demanda de Caña de Azúcar para la Industria del Etanol en la República Dominicana

Proyecto especial presentado como requisito parcial para optar
al título de Ingeniera en Administración de Agronegocios en el Grado
Académico de Licenciatura

Presentado por:

Kalvin January Bencosme López

Zamorano, Honduras
Diciembre, 2008

Análisis de la Demanda de Caña de Azúcar para la Industria del Etanol en la República Dominicana

Presentado por:

Kalvin January Bencosme López

Aprobada:

Oscar Zelaya, Ph.D.
Asesor Principal

Adolfo Fonseca M.A.E.
Director Interino
Carrera de Administración de
Agronegocios

Fredi Arias, Ph.D.
Asesor

Raúl Espinal, Ph.D.
Decano Académico

Guillermo Berlioz, B.Sc.
Coordinador de Tesis

Kenneth L. Hoadley, D.B.A.
Rector

RESUMEN

Bencosme, K. 2008. Análisis de la Demanda de Caña de Azúcar para la Industria del Etanol en la República Dominicana. Proyecto de graduación del programa de Ingeniería en Administración de Agronegocios, Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano. Honduras. 35p.

El objetivo general del estudio fue desarrollar un análisis de la demanda de caña azúcar para la producción de etanol en la República Dominicana. Los resultados del análisis mostraron que la República Dominicana necesita producir 68, 985,000 galones de etanol anualmente para poder cubrir la demanda estimada del E5 (95% gasolina, 5% etanol) lo cual representa un área de 88,990.65 hectáreas destinadas a caña de azúcar representando un ahorro de US\$269,041,500.00 por año debido al precio del etanol. Por consiguiente, para cubrir la demanda del E10 se necesita producir 137, 970,000 galones de etanol por año, lo cual representa un área de 124,337.25 hectáreas por año, esto representa un ahorro de US\$ 538, 038,000 anual. El análisis de sensibilidad indicó que la utilización de etanol dejaría de ser rentable si el precio del mismo aumentara un 205%, lo cual representaría una pérdida de US\$0.02 por galón. El ahorro por año debido a la utilización de etanol fue estimado con base en los precios actuales de la gasolina y del etanol (US\$5.84 por galón de gasolina y US\$1.94 por galón de etanol) dando como resultado un ahorro por galón de US\$ 0.39 utilizando E10 y de US\$ 0.195 utilizando E5.

Palabras claves: Agro-combustibles, Etanol, Gasolina.

CONTENIDO

Portadilla.....	i
Página de firmas.....	ii
Resumen.....	iii
Contenido.....	iv
Índice de Cuadros, Figuras y Anexos.....	v
1. INTRODUCCIÓN.....	1
2. ANTECEDENTES.....	3
3. METODOLOGÍA.....	23
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	25
5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	33
6. BIBLIOGRAFÍA.....	34

ÍNDICE DE CUADROS Y FIGURAS

Cuadros		Página
1.	Poder energético de los combustibles.....	7
2.	Crecimiento del parque vehicular del 1999-2007.....	14
3.	El potencial de la agroindustria cañera Dominicana.....	15
4.	Características optimas del jugo de caña.....	17
5.	Relación de costos por toneladas producidas.....	18
6.	Potencial de producción de alcohol en diferentes cultivos.....	20
7.	Costo de producción por litro obtenido.....	25
8.	Margen de contribución de azúcar para la venta nacional vs exportada.	25
9.	Margen de contribución del etanol para la venta nacional vs exportado	26
10.	Consumo de barriles de gasolina por día y costo de la gasolina por día.	26
11.	Cantidad de galones de etanol a utilizar para E10.....	26
12.	Costo de la implementación del E10.....	27
13.	Comparación de precios y costos tipos de combustibles E10.....	27
14.	Ahorro monetario por año por parte de los detallistas.....	27
15.	Hectáreas requeridas para la implementación E10.....	28
16.	Comparación de precios y costos tipos de combustibles E5.....	28
17.	Hectáreas requeridas para la implementación E10.....	28
18.	Variación en el precio del galón de etanol.....	29
19.	Variación en el precio de venta en gasolina al (90%).....	30
20.	Variación del precio de etanol vs mantener constante gasolina.....	31
21.	Variación del precio de gasolina vs mantener constante el galón de etanol.....	32
Figuras		Página
1.	Diagrama de comercialización del etanol mezclado.....	10
2.	Flujo de procesos de la producción de etanol a partir de caña de azúcar.....	11
3.	Participación de los sectores en el consumo energético neto 2007.....	12
4.	Participación de las fuentes en consumo energético del sector transporte....	13
5.	Evolución de la factura petrolera, miles US\$, 1990-2007.....	13
6.	Crecimiento vehicular en la República Dominicana.....	14
7.	Rendimientos por cultivos.....	21
8.	Precios históricos de galones de gasolina en República Dominicana.....	22

1. INTRODUCCIÓN

La evolución de la producción y uso de los combustibles, en todo el mundo, viene siguiendo la lógica de la sustitución de las fuentes antes utilizadas por otras más prácticas y rentables (de la leña al carbón; del carbón al petróleo), hasta avanzar en la procura de caminos donde el objetivo pasó a ser la sustentabilidad del uso de la energía. Esto viene dado al alto precio de los combustibles fósiles que han ido en aumento, alcanzando un precio de US\$140/ Barril para el año 2008.

El alto precio del petróleo combinado con el incremento en la contaminación y los costos de los combustibles fósiles ha creado una consternación en el escenario global de la industria de los combustibles, lo cuál ha llevado a desarrollar nuevas alternativas de combustibles que pueda ayudar a nuestro medio ambiente.

En Brasil, el etanol despegó en 2003 cuando se desarrollaron los primeros vehículos de agrocombustibles, o de motor "Flex-fuel", que funcionan con cualquier combinación de etanol y gasolina. Actualmente, más de la mitad de los autos brasileños usan etanol. Brasil invirtió en su programa de etanol, hace 20 años, cuando el precio del crudo estaba a US \$20. Fue considerada una decisión totalmente antieconómica.

En la República Dominicana, en el año 1949 se produjo una gran escasez de gasolina, y por medio de la Ley No. 2071 del 31 de julio de 1949 y el Decreto No. 6402 del 31 de julio de 1950 del Gobierno Nacional, se obligó a la mezcla de la gasolina y alcohol con un porcentaje que oscilaba entre un 15 y un 30% de etanol.

Los combustibles fósiles, el petróleo y sus derivadas, como fuente de energía no renovables, están presentando señales de agotamiento, según la CEPAL se estima que a mediano plazo (80 años) ya no será posible cubrir la demanda mundial. Esta situación sumada a la contaminación ambiental y calentamiento global, provocadas en gran medida por el uso excesivo de este tipo de combustibles, es un reto de enormes proporciones, pero también una oportunidad para la implementación de energías renovables.

1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La República Dominicana es uno de los países que paga un precio bien elevado en la comercialización de combustibles fósiles a nivel del caribe y centro américa. Según la estadística de la CEPAL, la República Dominicana se ubica en la posición número 68 de los países del mundo que comercializa a un precio superior del que se debería pagar por galón de gasolina.

El gobierno busca nuevas alternativas para reducir la dependencia de combustibles fósiles (importaciones). En los últimos años han surgido nuevas alternativas para la producción de combustibles como el etanol, se busca la posibilidad que la República Dominicana pueda remplazar el 10% del combustible fósil usado a nivel nacional por etanol. El país cuenta con las tierras para producir etanol a base de caña de azúcar.

1.2 JUSTIFICACIÓN DEL ESTUDIO

El presente estudio pretende evaluar una solución de mediano plazo mediante el análisis sobre el uso del etanol como parte del combustible que se comercializa en la República Dominicana. Para poder así reducir los precios de los carburantes actuales con la adición del 10% (E10) al combustible fósil.

Se podría decir que el beneficio de la implementación de un programa del uso de etanol beneficiara más que todo al país y ayudara a reducir el daño que se le va haciendo a la capa de ozono que cada día presenta mayor agujero debido a las emisiones de gases que son perjudiciales para nuestro medio ambiente. Por otra parte ayudará a que la economía del país se fortalezca, lo cuál permitirá que los recursos que se destinan al subsidio del combustible se pueda utilizar en otras cosas de prioridad en el país.

1.3 LIMITES DEL ESTUDIO

El estudio se enfoca en la factibilidad de la producción de etanol en la República Dominicana. El análisis evaluará la viabilidad económica de producción de etanol, la mismas se enfocará en hacer una análisis comparativo a través de cuadros de costos en el cual nos permitirá ver que le resulta mejor al país.

Los datos obtenidos para la realización de este estudio son sólo aplicados para la República Dominicana, ya que el rendimiento y costos de los procesos de la caña de azúcar corresponden a los ingenios de dicho país.

La producción de etanol está basado en el uso de la caña de azúcar como materia prima, pudiendo existir otras fuentes donde podríamos extraer etanol (Remolacha, sorgo azucarero, yuca, papa), pero para fines de investigación más profunda sólo se piensa estudiar la caña de azúcar como fuente para la producción de etanol.

1.4 OBJETIVOS

1.4.1 Objetivo

Realizar un análisis de la demanda de caña de azúcar para la industria del etanol en la República Dominicana.

1.4.2 Los objetivos específicos

- Determinar el potencial de la producción de etanol en la República Dominicana.
- Determinar los costos de producir el etanol a base de la caña de azúcar.
- Realizar un análisis financiero de la implementación del etanol (E5-E10).

2. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 ¿QUÉ ES EL ETANOL?

Es un alcohol producto de la fermentación de azúcares proveniente de materias primas ricas en azúcar como la caña de azúcar, remolacha, almidones como la yuca y recursos celulósicos como la madera, bagazo de caña y otros (Japa, 2007).

De acuerdo con la CEPAL (2006), el alcohol es un líquido incoloro y volátil que está presente en diversas bebidas fermentadas. Desde la antigüedad se obtenía el etanol por fermentación anaeróbica de una disolución con contenido en azúcares con levadura y posterior destilación.

El alcohol etílico, no sólo es el producto químico orgánico sintético más antiguo empleado por el hombre, sino también uno de los más importantes. Sus usos más comunes son industriales, domésticos y medicinales. La industria emplea mucho el alcohol etílico como disolvente para lacas, barnices, perfumes y condimentos; como medio para reacciones químicas, y para re-cristalizaciones. IICA (2006)

2.2 PANORAMA DEL ETANOL

A finales de 1979, a raíz de la preocupación que desencadenó la primera crisis del petróleo, se comercializó en EUA la mezcla de gasolina y etanol. Los combustibles alternativos se convirtieron en la solución al posible problema que representaba el agotamiento de los recursos no renovables. Así, la American Oil Company y otras empresas abanderadas en el sector comenzaron a comercializar la mezcla de etanol para diluir la gasolina y aumentar el octanaje. AOC (2005)

En Brasil, la crisis del petróleo también tuvo una fuerte repercusión. En este país, en el año 1975 se encauzó el proyecto Proalcool, cuyo objetivo era la sustitución total de los combustibles de origen fósil. La alternativa propuesta era el bioetanol proveniente de la melaza de la caña de azúcar. Esta nueva industria permitió la creación de casi un millón de lugares de trabajo, repartidos en más de 700 destilerías, en instalaciones complementarias, en redes de transporte y fabricación de motores específicos para estos combustibles, etc. CEPAL (2006)

En el año 1950 se instaló la “Destilería Universal” en la República Dominicana que elaboraba alcohol etílico utilizando como materia prima la melaza de la caña de azúcar. El etanol producido en la Destilería Universal era llevado por medio de tubería a los tanques de gasolina instalados en Punta Torrecilla, en el puerto de Santo Domingo, y de estos tanques eran distribuidos “Combustible Nacional”, a las bombas de gasolina de todo el país.

El "Carburante Nacional" Se utilizó durante alrededor de un año y se suspendió su fabricación cuando el problema de escasez de gasolina se resolvió. Entonces el precio de la gasolina importada era sumamente bajo mientras que la producción de etanol a partir de la melaza de la caña de azúcar resultaba costoso. Refinería Dominicana (2006)

Según la OPEC (2007), el desabastecimiento de combustible se fundamenta en dos hechos; uno de ellos se debe a que las mayorías de las reservas petroleras se encuentran en zonas de alta conflictividad social y geopolítica. Por otro lado el actual nivel de consumo es 76 millones de barriles por día a nivel mundial; las reservas conocidas solo son suficientes para un horizonte de consumo de unos 75 años, y que a su vez puede traer consigo especulaciones de mercado lo cual incrementaría el precio del barril actual (\$127/Barril) para el mes de marzo del año 2008.

Los países desarrollados al igual que los países en vía de desarrollo como es la Republica Dominicana, están buscando la manera de bajar los altos precios que tienen los carburantes y reducir la contaminación que a comenzado a preocupar en un ámbito internacional, Listin Diario (2007). Es por esto que la República Dominicana se ha unido a varios tratados para contrarrestar el alto precio del petróleo uno de ellos fue un tratado con Venezuela (PETROCARIBE), este acuerdo con Venezuela tiene como objetivo que la República Dominicana compre una tercera parte del petróleo que importa con un "Crédito" a largo plazo que el gobierno de la República Bolivariana otorga en condiciones concesionarias.

Según la Refinería Dominicana (2007) actualmente la República Dominicana importa alrededor de 50,000 barriles de petróleo que compra diariamente a Venezuela, el cual según el convenio el 40%, alrededor de unos 20,000 barriles, serán financiados a largo plazo, con un período de gracia de dos años, 23 años para pagar y a un 1% de interés anual cuando el precio pase de US\$50, y a un 2% si el precio baja de ese límite. El 60% restante, unos 30,000 barriles, se pagarán a 90 días.

En todos los casos las ventas se harán con los precios referenciados al mercado internacional, es decir, sin descuento. Si el precio llega a los US\$100 el barril, Venezuela financiará el 50% de la factura que le compra el país, lo cual ayuda al país a poder mortiguar el alto costo de la gasolina.

2.3 ACUERDOS COMERCIALES

La República Dominicana se unió a cinco países de centroamericanos en un acuerdo de libre comercio con Estados Unidos, para crear "la segunda zona de libre comercio de América Latina, en orden de importancia, para las exportaciones de Estados Unidos", según la Oficina del Representante Comercial de Estados Unidos (USTR). El tratado de libre comercio DR- CAFTA creará nuevas oportunidades económicas ya que elimina aranceles, abre mercados, promueve la transparencia y establece las reglas más modernas para el comercio en el siglo XXI.

Es importante recordar que las crecientes economías nacionales y regionales entre los países DR-CAFTA (República Dominicana y los países de Centro America), también

representan potenciales mercados para etanol; los beneficios económicos y ambientales derivados de la producción renovable de combustibles están atrayendo la atención de los gobernantes y líderes del sector privado. Economías de escala son vitales para la rentabilidad de la industria de etanol, y la diversificación de los mercados entre nacionales, regionales e internacionales bajará los riesgos de inversión

Este panorama brinda oportunidades para naciones y empresas que podrían suplir la enorme demanda prevista en los próximos años a base del ubicuo cultivo de caña de azúcar. Por su cercanía geográfica a los principales mercados regionales de los Estados Unidos y el acceso preferencial a estos mercados que otorga el tratado DR-CAFTA, la República Dominicana y los países de Centroamérica parecen idealmente situados para aprovechar esta nueva oportunidad. Además, la experiencia de Brasil en el campo de bio-combustibles comprueba que el proceso de convertir caña de azúcar en etanol es mucho más eficiente que el similar proceso a base de maíz

Es conocido, que el azúcar nutricionalmente es un producto que aporta solamente calorías (energía), para las actividades diarias de las personas y se ha cuestionado en muchas ocasiones su consumo.

Sus detractores olvidan o dejan de lado, la importancia que tiene el proceso de producción y transformación de la caña de azúcar o remolacha azucarera, para generar los ingresos que la población necesita para adquirir alimentos. El azúcar es un bien de consumo básico para los países de América Latina y el Caribe.

2.4 ETANOL BRASIL

Brasil es pionero, primer productor y exportador mundial de alcohol carburante. Esta industria genera 2.5 millones de empleos y le ha dado ahorros a la nación por casi dos mil millones de dólares destinados a la importación de gasolina. Se inició la experiencia de usar el Etanol carburante en Brasil en los años 1931 con una mezcla de 5 por ciento en la gasolina. En 1975, una vez más por el alza de los precios del petróleo, decidieron aumentar el porcentaje de mezcla hasta 20 por ciento.

En la actualidad, en las calles de Río, Sao Paulo o Bahía, existen muchos vehículos que usan solamente el Etanol como carburante. Actualmente, el gobierno brasileño está profundizando la experiencia de usar el etanol como combustible. A principios de agosto del 2003, el gobierno aprobó una partida de 500 millones de reales cuyo objetivo es crear un inventario de 1,000 millones de litros para asegurar el suministro del Etanol, durante todo el año, puesto que la caña de azúcar es un cultivo estacionario que no se puede cosechar todo el año.

De acuerdo con los ingenios azucareros de Brasil el etanol se obtiene principalmente de la caña de azúcar. El área total de cultivo es 6,4 millones hectáreas, y un 7,6% se dedica al bioetanol. La productividad está en el orden de los 7 mil litros por hectárea. El 70% de la superficie cultivada es controlada por 340 molinos, mientras que el 30% restante está en manos de unos 60 mil pequeños y medianos productores (Rothkopf, 2007).

La superficie promedio de las grandes explotaciones es de 30 mil hectáreas (Rothkopf, 2007). Actualmente existen 336 locales de procesamiento y están proyectadas otras

73. El sector logró ingresos de 8.3 mil millones de dólares, que representa 1,6% del PBI total; se ha indicado que cuenta con 3,6 millones de empleos directos (Coviello, 2006).

En Brasil se producen dos tipos de alcohol combustible: el alcohol deshidratado o alcohol anhidro, para uso en las mezclas con toda la gasolina a ser usada en los autos, y el alcohol hidratado, que abastece los autos que usan solamente alcohol como combustible, o los autos del sistema Flex. El volumen total de alcohol combustible producido en Brasil es del orden de los 17 mil millones de litros de los cuales el 85% va al mercado interno y el 15% a la exportación.

Brasil cuenta con un rendimiento promedio de producción de caña de azúcar de 90-110 toneladas por hectárea lo que hace este país el mayor en productividad por hectárea de caña de azúcar.

Obteniendo Brasil alrededor de 90 litros de etanol por tonelada molida. Una ventaja que podría tener la República Dominicana en comparación a Brasil es la manera que es transportada ya que Brasil su manera de transporte es por vía de camiones los cuales tienen que recorrer largas distancias para su centro de acopio, esto se traduce en alto costo en combustible y personal.

La República Dominicana su manera de transporte es por vagones que son movidos por un tren el cual usa leña/ carbón, traduciéndose esto en ahorro de combustible y poca mano de obra.

2.5 ETANOL COLOMBIA

En Colombia la producción y distribución de alcoholes carburantes fue legislada en el 2001 con el objetivo de reducir la dependencia del petróleo y las emisiones de monóxido de carbono en un 30% y las de dióxido de carbono en un 10%. En el 2005 comenzó a utilizarse biogasolina, que contiene hasta un 10% de etanol, llegando a alcanzar en la actualidad al 71% del mercado interno, es de carácter obligatorio que en ciudades donde hay más de 500.000 habitantes su consumo de combustibles sea suplida por más del 50% de etanol.

La producción de etanol en 2006 fue de 274 millones de litros. En julio de 2007 se firmó en Cartagena el Convenio Marco del Proyecto Etanol Caribe Colombiano, que utilizará como materia prima la caña de azúcar. Existen además, alternativas de extracción del alcohol a partir de yuca, remolacha, deshechos de café y maíz.

El país Colombiano es el séptimo productor mundial de caña de azúcar, con altos rendimientos por unidad de superficie, aunque es necesario el riego. Actualmente se cuenta con por lo menos cinco destilerías

Colombia en la actualidad produce 75 litros de etanol por cada tonelada de caña de azúcar, lo cual supera a la República Dominicana con el estimado de 70 litros por tonelada, Colombia produce 5 litros adicionales por cada tonelada. Se debe aclarar que Colombia tiene un rendimiento promedio de 80-85 toneladas por hectárea con

comparación a la República Dominicana que sólo alcanza un rendimiento de 60 toneladas de caña de azúcar por hectárea.

El precio del etanol que se comercializa en Colombia es de US\$ 0.30 el litro y para el galón de etanol es de US\$ 2.64 estos precios están dados por la Refinería Nacional de Colombia, la cual regula los precios de los carburantes en el país. Cabe recalcar que son precios comercializados al interior de Colombia y los precios para la exportación del etanol están dados por la bolsa de valores que se cotiza en el mercado norte americano.

2.6 BALANCE ENERGETICO DEL ETANOL (CAÑA DE AZÚCAR)

Los agrocombustibles son considerados “neutrales” desde el punto de vista de las emisiones de CO₂, en virtud de su origen vegetal. Se asume que el carbono liberado a la atmósfera ha sido antes absorbido por las plantas durante su etapa de crecimiento por lo cual existe un ciclo cerrado, planta-atmósfera, que mantendría constante la cantidad de carbono.

En principio porque la cantidad de energía requerida para producir agrocombustibles puede ser igual o mayor que la energía contenida en el producto final dependiendo de la materia prima y el proceso agroindustrial. Por ejemplo el etanol de maíz puede tener una relación de 0,83 (es decir, entrega menos energía que la que requiere para su fabricación) mientras el de caña de azúcar alcanzaría un valor 10 veces superior. (Ballenilla, 2007).

Cuadro1. Poder Energético de los Combustibles

Combustible	Energía por Cantidad (MJ/kg)
Hidrógeno	114
Nafta	48
Petróleo Crudo	43
Bio-Diesel	43
Etanol	28
Carbón Común	22
Gas Natural	20
Madera Seca	15

Fuente: Forinash, Kyle (2007)

De acuerdo al Panel Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC) el poder energético del petróleo crudo es de 43 Mj/kg (Mega joules por kilo gramo) mientras que el del etanol es apenas 28 Mj/kg.

2.7 AGROCOMBUSTIBLES Y ALIMENTOS

Para el año 2007, los Estados Unidos han quemado alrededor de 131.000 millones de toneladas de maíz, el tercio de su cosecha, más otros centenares de millones de toneladas de cereales, para fabricar agrocarburos. Y si se retiran del mercado 131.000 toneladas de maíz del mercado para fabricar agrocarburos destinados a los cientos de millones de automóviles norteamericanos, se provoca que los precios de la alimentación básica exploten en México (Ziegler 2007).

Para valorar qué suponen los agrocombustibles basta un ejemplo: llenar con 50 litros de bioetanol el depósito de un vehículo de turismo normal requiere quemar 358 kilos de maíz. Y con 358 kilos de maíz un niño mexicano o de Zambia, por citar dos países donde el maíz es alimento básico, puede vivir durante un año” (Ziegler 2008).

Uno de los factores que ha generado la mayor controversia es el problema de los alimentos. Una amplia y profunda discusión se ha ido desarrollando desde comienzos de 2007 en torno al problema de la competencia entre agrocombustibles y alimentos.

En la región latinoamericana el tema saltó a la luz pública durante la gira que el presidente de los Estados Unidos George W. Bush realizara por varios países sudamericanos con el propósito de firmar acuerdos de producción de este tipo de combustibles. En aquel entonces, el presidente de Cuba, Fidel Castro y el de Venezuela, Hugo Chávez, lanzaron duras críticas particularmente a su par brasileño Luiz Ignacio “Lula” Da Silva argumentando que el desarrollo de los agrocombustibles iba a tener impactos negativos para la producción de alimentos y consecuentemente para el acceso a los mismos por parte de la población más pobre de América Latina.

Se considera que los aumentos de precios que han experimentados los alimentos provenientes de granos (maíz, trigo) de primera necesidad se debe a la producción de los agrocombustibles, esto mas que todo se debe a que Estados Unidos están cada día intensificando el uso de maíz como materia prima en la elaboración de etanol.

Productores están prefiriendo producir para vender para uso de etanol que para consumo, esto se ve traducido al precio pagado por industrias de agrocombustibles comparado a la industria alimentaria.

Existen debates con relación que ya que hay personas que piensan que es mejor que utilicen caña de azúcar, yuca y remolacha para producción de etanol por su rendimiento a la hora de conversión a litro, con relación al maíz que se usa en todo el mundo como materia prima de primera necesidad, pero esto a Estados Unidos no les interesa por que ellos no tiene un clima favorable para esos cultivos, traduciéndose esto al uso de maíz como materia prima para el uso de fabricación de etanol.

2.8 REGULACIÓN SOBRE MEZCLA DE ETANOL Y GASOLINA

Las legislaciones para la mezcla de etanol y gasolina datan de la década de los 40 pero no tuvo efectos concretos sino hasta los años 2000-2001, cuando se expidieron la ley 112 del 2000 para hidrocarburos, la ley 125 del 2001 para electricidad, que creo incentivos para el uso de energías renovables, y el decreto 557 del 2002, que regula la generación de energía en las plantas de producción de azúcar.

Finalmente en el 2002 se expidió el decreto 732, que creó incentivos específicos para la producción de etanol. En el 2005 se sometió al congreso un proyecto de ley para el desarrollo de fuentes de energía renovables y su régimen especial señala algunos incentivos mas concretos, entre ellos tenemos; exención de 100% de los impuestos, para la importación de maquinaria, equipo y accesorios, permisos para transferir el 50% de la inversiones hechas en el consumo interno de energías renovables al impuesto a la renta y la garantía de mercado para las energías renovables.

Los proyectos a ser instalados en la República Dominicana en el marco de la Ley Sobre Incentivo al Desarrollo de Fuentes Renovables de Energía, quedan liberados del pago del impuesto sobre la renta, que actualmente es de un 25 por ciento, durante un período de diez (10) años hasta el año 2020.

Todos los ingresos obtenidos de la venta de electricidad, agua caliente, vapor, fuerza motriz, agrocombustibles y combustibles sintéticos señalados, generados a base de fuentes de energía renovables, así como de los ingresos derivados de la venta e instalación de los equipos, partes y sistemas producidos en el país cuyo valor agregado tenga un mínimo del 35 por ciento.

De igual manera se otorga hasta un 75 por ciento del costo de la inversión como crédito único al impuesto sobre la renta a las empresas autoproductores en función de la tecnología de energías renovables asociadas a cada proyecto. Para los proyectos de energía renovable, que reduzcan emisiones de gases de efecto invernadero se les otorgarán certificados o bonos canjeables según el llamado “Acuerdo de Kyoto”. Esos certificados serán emitidos por el órgano competente que evalúe emisiones reducidas por los proyectos, en base a los protocolos oficiales de los Mecanismos de Desarrollo Limpio (MDL).

2.8.1 REQUISITOS A CUMPLIR POR PARTE DE LOS INVERSIONISTAS

- Cumplir con las normas técnicas de generación, transporte y gestión técnica del sistema.
- Adoptar las normas de seguridad, reglamentos técnicos y de homologación y certificación de las instalaciones e instrumentos que se establezcan.
- Abstenerse de ceder a consumidores finales los excedentes de energía eléctrica no consumida, si no cuenta con una aprobación específica por parte de la Superintendencia de Electricidad (SIE).
- Facilitar a la administración información sobre producción, consumo, venta de energía y otros extremos que se establezcan.
- Cumplir con las normas sobre permisos y estudios ambientales requeridas por la Ley General sobre Medio Ambiente y Recursos Naturales No. 64-00, del 18 de agosto del 2000, y sus reglamentos.

Asimismo, es de carácter obligatorio que los combustibles fósiles que se utilicen en los vehículos de motor de combustión interna para el transporte terrestre en el territorio nacional, deberán ser mezclados con proporciones específicas de agrocombustibles. Las proporciones de las mezclas se establecerán gradualmente, conforme se vayan desarrollando los proyectos de producción de esos biocarburantes.

2.9 COMERCIALIZACIÓN DEL ETANOL

La comercialización del etanol (figura 1), como primer paso tenemos que se debe de importar el petróleo de las refinerías de los países donde se están en la actualidad importando como es Venezuela, Irán y México. Estos combustibles fósiles son transportados hasta la refinería del país por REFINDOSA donde se procesaran para ser distribuidos a los mayoristas.

Los mayoristas del diagrama deberán registrarse según las leyes establecidas en el país para el uso en la mezcla de gasolina y etanol. En este punto se hace la mezcla de ambos combustibles, hay que recordar que la caña es cortada y llevada a las destilerías que en este caso son los mismos ingenios azucareros del país.

Los mayoristas estarán encargados realizar las mezclas de etanol/gasolina y de comercializar los diferentes detallistas del país, ya que cada mayorista como son la Texaco, Shell, La Isla y Puma son mayorista en el país, los cuales se vuelven en minoristas a través de contratos con personas que los representan en cada provincia del país.

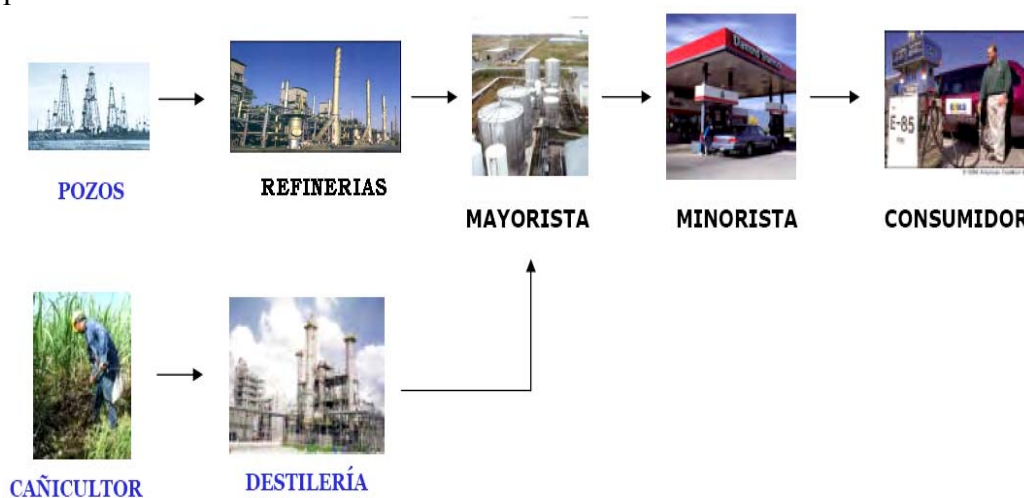


Figura 1. Diagrama de la comercialización del etanol mezclado
Fuente: Forbes Energy

2.9.1 MÉTODO DE EXTRACCIÓN DEL ETANOL

Para el proceso de extracción del etanol a base de la caña de azúcar, el primer paso es el corte de la caña de azúcar, esta caña será transportada a los ingenios azucareros del país, es recomendable que antes de la extracción del jugo de la caña de azúcar sea

remojada para quitar cualquier contaminante que esta pueda traer en la parte de la cáscara (casucha).

En la extracción del jugo de caña de azúcar vamos a obtener el bagazo, este puede ser utilizado en calderas para producir energía, puede ser utilizado por el mismo ingenio o ser vendida a las empresas eléctricas. Obteniendo el jugo puede usarse para producir azúcar o fermentar este jugo para la obtención de etanol, si se elige para producción de azúcar podemos obtener melaza que tiene dos formas de uso, una de ellas para uso agrícola, como suplemento alimentario y el otro para la producción de etanol.

Si se utiliza el jugo para la producción de etanol este pasa a ser fermentado en una fermentadora donde se le adiciona una bacteria para acelerar la fermentación, después de ser fermentado pasa al proceso de destilado, en el proceso de destilación sale un subproducto que es la viñaza hasta hace poco se le consideraba como contaminante, pero en la actualidad es usado para fertilizar las tierras sembradas de caña o las grandes fabricas de fertilizantes las están usando para extraer fósforo ya que tiene un alto grado de fósforo en su compuesto químico.

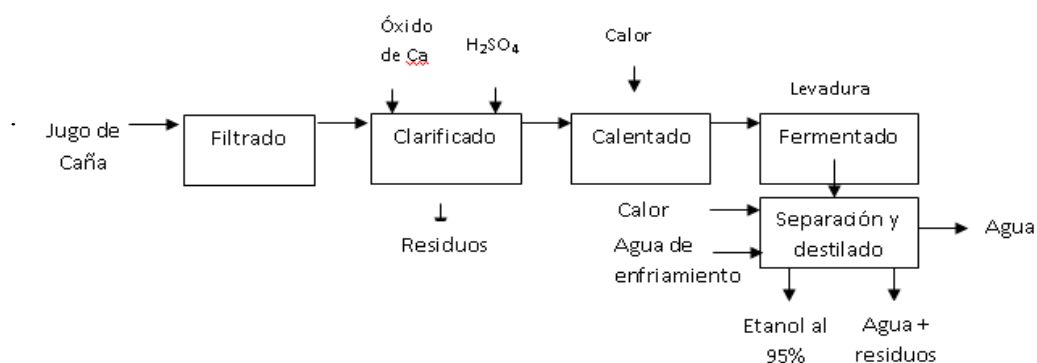


Figura 2. Flujo de procesos de la producción de etanol a partir de caña de azúcar
Fuente: Ethanol World

De la destilación podemos obtener dos tipos de alcoholes el hidratado que es el recomendado para el uso de bebidas alcohólicas ya que su contenido de agua es del 9%, este tipo de alcohol es usado en la industria farmaceutica e industrias de bebidas alcohólicas. Las causas que no se usa este tipo de alcohol como combustible es porque la mezcla se separaría en una fase de gasolina pobre en alcohol y en una fase de agua rica en alcohol; siendo el agua más pesada (densidad: 1.0) que la gasolina (densidad: 0.70 – 0.75), aquella se iría al fondo del tanque y llegaría primero al motor del vehículo causando fallas en su operación.

Mientras el alcohol anhidro se obtiene sacándole mas agua al jugo fermentado es el recomendado para la mezcla con gasolina por su porcentaje en agua que es del 0.7% de agua, esto no afecta al motor de gasolina por que las partículas ya por lo antes mencionado.

2.10 PRINCIPALES PROBLEMAS

Del total de energía consumida, como podemos ver en la figura 3, el transporte es el mayor consumidor de la misma con un 43.4% para el año 2007, seguido por el sector residencial con el uso de planta eléctricas para la generación de energía y como tercero tenemos el sector industrial.

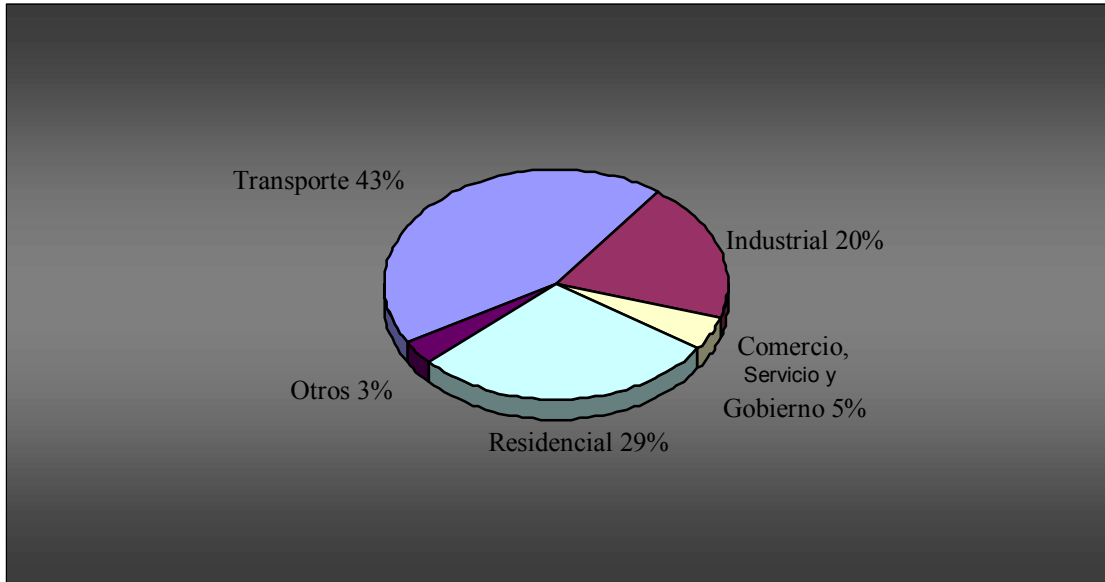


Figura 3. Participación de los Sectores en el Consumo Energético Neto. 2007
Fuente: Comisión Nacional de Energía. 2007

Este estudio se enfoca en el análisis del consumo de energía en el sector transporte. Dicho subsector para el 2007 dividía su demanda de Combustible entre gasolina un 52.9%, diesel un 26.6% y GLP con el 20.5% restante, este ultimo es el gas que se utiliza en las casas para la cocina y es bien usado como combustibles para carros.

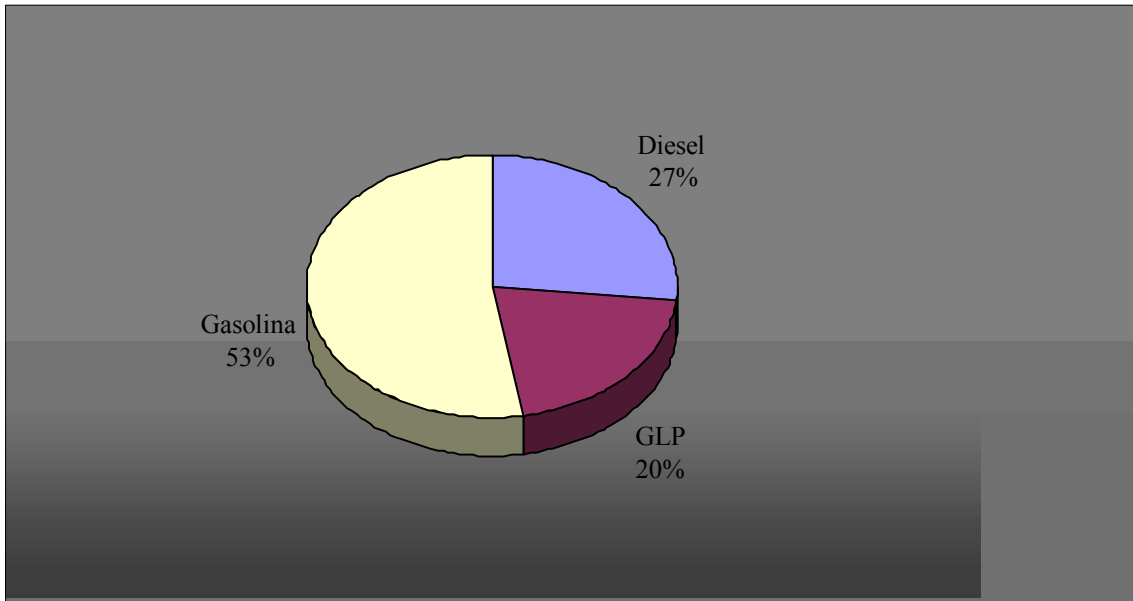


Figura 4. Participación de las Fuentes en el Consumo Energético del Sector Transporte.

Fuente: Comisión Nacional de Energía, 2007

La dependencia energética de la República Dominicana en el uso de los combustibles fósiles es creciente. Cada año la factura petrolera crece en Millones de US\$, como podemos ver en la Figura 4. Esto debido que el país consume alrededor del 53% de gasolina, 27% diesel y 20% gas licuado de petróleo utilizados por amas de casa y parte del sector transporte.

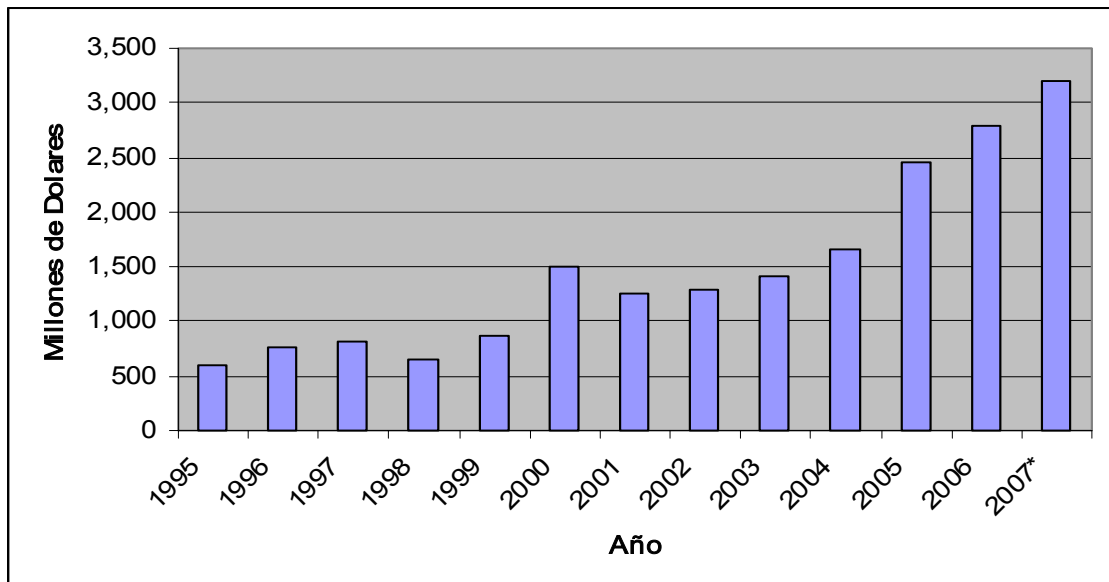


Figura 5. Evolución de la Factura Petrolera, Miles US\$. 1990-2007.

Fuente: Banco Central, 2008

Uno de los motivos que genera un incremento del consumo de combustibles, es causado por el crecimiento de la economía, el incremento de la población y por el incremento del parque vehicular que se ha duplicado según las estadísticas de la DGII, del 1999 al 2007 lo que podemos observar en la Figura 5.

Cuadro 2. Crecimiento del Parque Vehicular del 1999-2007

Año	Cantidad de Vehículos
1999	936,083
2000	1,090,833
2001	1,294,998
2002	1,436,165
2003	1,611,023
2004	1,680,382
2005	1,746,756
2006	1,900,564
2007	1,971,011

Fuente: DGII, 2008

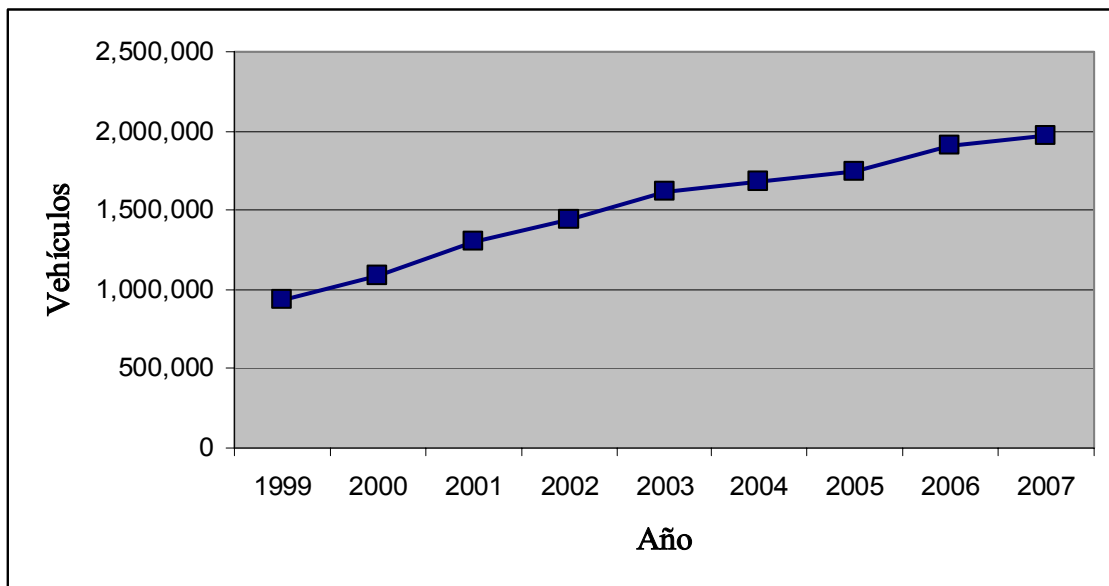


Figura 6: Crecimiento Vehicular en la República Dominicana
Fuente: DGII, 2008

En la figura 6. se observa el crecimiento anual del parqueo vehicular lo cual ha pasado en el 1999 de 936,083 vehículos al 2007 a 1, 971,011 vehículos, lo cual se representa en mayor consumo de combustible.

2.11. CULTIVO DE LA CAÑA DE AZÚCAR PARA LA PRODUCCIÓN DE ETANOL

La implementación de producción de etanol indudablemente requerirá la activación de áreas tradicionales de cultivo de caña que actualmente se encuentran en barbecho o abandonas, así como áreas que en otro momento fueron dedicadas a otros cultivos como por ejemplo la piña, y posiblemente áreas nuevas para cultivo.

Cuadro 3. El potencial de la agroindustria cañera dominicana.

Ocupación de Área	Área Total (Ha)
Actual bajo cultivo	132,000
Zonas cañeras en abandono	53,000
Podrían incorporarse	115,000
Total de Área incorporarse	300,000

Total de tierras del país con vocación cañera son de 300,000 hectáreas, estas tierras pueden ser utilizada para la producción de etanol en la República Dominicana como parte de reemplazar el 10% del combustible fósil consumido a nivel nacional por el uso de etanol.

2.11.1 PERIÓDO DE ZAFRA

En nuestro país se destacan dos regiones cañaverales con zafra en distintos períodos, debido a la situación climática de estas regiones.

- Sur, Central y Este -----Diciembre - Mayo (95% de la producción).
- Norte-----Mayo - Agosto (5% de la producción).

Esta información nos podría ayudar a seleccionar mejor el lugar de la planta destiladora para el procesamiento del etanol, como resultado tenemos que en el Sur, Central y Este desde principios de diciembre hasta mayo tenemos el 95% de la producción de caña de azúcar del país.

2.11.2 VARIEDADES DE CAÑA

Las variedades seleccionadas para producir alcohol deben tener un alto número de tallos y responder afirmativamente al uso de fertilizante, además de ser capaz de aceptar el uso de aplicaciones de fertilizantes suplementarios para continuar su período rápido de crecimiento hasta cerca del tiempo de cosecha. (Japa, 2008)

Estas variedades deben responder a madurantes químicos (POLARIS y ETHREL) de manera que el crecimiento vegetativo pueda ser reducido muy rápidamente y los azúcares depositados en los tallos no sean usados como energía para el prolongado

crecimiento vegetativo. Las variedades seleccionadas deben tener un completo follaje de hojas verdes, seis semanas antes de la cosechas, cuando los madurantes químicos son inyectados.

2.11.3 FERTILIZACIÓN DE LA CAÑA

De acuerdo con el ingenio CAEI, el cultivo de la caña de azúcar para alcohol conlleva una modificación en las prácticas culturales tales como múltiples aplicaciones suplementarias de fertilizantes, usualmente nitrógeno (urea) y potasio (muriato de potasio) entre otros, aplicados a los 5, 7 y 9 meses de edad a fin de mantener el crecimiento de la caña a niveles óptimos. Con 14 o 15 hojas verdes en la planta menos del 5 por ciento de la energía que cae sobre las hojas superiores alcanza el suelo.

La proporción en la aplicación suplementaria de fertilizantes fluctúa de 100 a 200 libras de muriato de potasio por hectárea de aplicación. Fuertes fertilizaciones de fosfato son aplicadas con la semilla en el momento de la siembra para estimular el rápido crecimiento de las raíces y el desarrollo de los tallos. La aplicación total de NPK fluctúa de 400 a 600 lb. de N / hectárea, de 200 a 400 lb. de P_2O_5 / hectárea y de 400 a 800 lb. de K_2O / hectárea.

2.11.4 CONDICIONES ÓPTIMAS DE HUMEDAD

Las aplicaciones suplementarias de fertilizante son reguladas para cuando las condiciones más favorables de humedad existan. Son aplicadas irrigaciones suplementarias para prevenir que la humedad se convierta en un factor limitante de crecimiento determinado.

En la fabrica Sao Luiz (Dedini, Brasil) se hicieron pruebas sobre largas secciones de plantas de caña usando múltiples aplicaciones de fertilizantes desde avión, con una nueva variedad, CO 775, e irrigaciones suplementarias por rociadura. Esto aumentó el rendimiento de la caña de 80 toneladas por hectárea por año a 177 toneladas / hectárea / año, con significantes reducciones en costo por litro de alcohol producido.

De acuerdo con Capriles (2008) los mejores rendimientos de caña de azúcar son producidos donde se lleva un balance grafico de agua, tomando en consideración la capacidad de almacenaje de agua del suelo en lo profundo de las raíces, la evaporación desde una superficie libre de agua y el agua suplida, ya sea por lluvia o por irrigación.

En el caso particular de nuestro país, deberá ser elaborado un estudio del campo, de los suelos, etc., procurando utilizar la vinaza para ferti-riego de los cañaverales.

2.11.5 MADURACIÓN

El proceso de acumulación de sacarosa en el tallo es llamado maduración y para ello se requiere una relativa disminución de la velocidad de crecimiento a fin de que los azúcares producidos en la actividad fotosintética se acumulen. Del adecuado manejo de los factores que favorecen tanto el crecimiento en la primera etapa del cultivo, como la acumulación de sacarosa, podemos lograr la máxima cantidad de tonelada de azúcar por hectárea, que es función del tonelaje de caña y del rendimiento industrial (porcentaje de sacarosa).

2.11.6 CARACTERÍSTICAS Y PRODUCTIVIDAD AGRÍCOLA DE LA CAÑA DE AZÚCAR

- En dominicana los rendimientos agrícolas varían de acuerdo por regiones de 60 toneladas por hectárea, lográndose los mejores rendimientos en el Ingenio Cristóbal Colon del Grupo Vicini.
- La tonelada de caña de azúcar pueden alcanzar desde 160 hasta 220 libras de azúcar por toneladas, siendo en el Central Romana, debido a la eficiencia operacional, donde se logra valores aun más altos.
- Las Fibras en la región sur, central y este varían entre 14 y 18%, mientras en el norte alcanzan valores menores, promediando 13%.

Cuadro 4. Características optimas del jugo de caña

Parámetro	República Dominicana	Deseable	Observaciones
Tonelada métricas / ha	60	85	Cortado
Porcentaje de azúcar recuperable en caña de azúcar	11.40	14.00	En el ingenio
Porcentaje de pureza del jugo de caña de azúcar	83	88	En el ingenio

Fuente: Instituto Azucarero Dominicano

En el cuadro 4, nos muestra el rendimiento que el país está teniendo por hectárea y las deseables comparadas con las que tienen los países de Brasil y Colombia. Podemos ver que el país está por debajo de lo deseable teniendo un rendimiento de 60 toneladas y el deseado es de 85 toneladas por hectárea.

Cuadro 5. Relación de costo por toneladas producidas

Productividad Agrícola (Tm/ha)	Costo de la Caña (US\$/Tm)
31.8	21.8
39	17.85
46	15.11
53	13.09
60	11.56

Fuente: Instituto Azucarero Dominicano

El cuadro 5. nos indica que a mayor sea la productividad de la caña de azúcar en el campo menores serán nuestros costo de producción. La República Dominicana tiene diferentes costos por zonas diferentes como es la parte este, oeste y sur.

2.11.7 OPERACIONES AGRÍCOLAS

La caña que se siembra para la producción de etanol deberá alcanzar en promedio de 5 corte y cuando ocurra la erradicación de la caña (último corte), enseguida se apilará la paja, quemándola, entonces se realizan los trabajos en el siguiente orden: Corte, Cruce, Rastra y Surcado; en las zonas donde se hace el subsuelo, este se efectúa casi siempre antes del cruce. La preparación del terreno es un 90 % con tracción mecánica, mientras que el 10% es realizado con tracción animal. Después de preparado el terreno, este está listo para la siembra de la nueva caña (20% del área de caña). (John, 2007)

En cuanto a las Operaciones Agrícolas destacamos aun cuando la cosecha es en verde la aplicación del borbojo y los cogollos de caña para conservar la tierra, ya que esto forma una capa orgánica gruesa de alrededor de 2 a 4 pulgadas de espesor.

En cuanto a la siembra de caña o cultivo se destaca la aplicación de cachaza rica en materia orgánica la cual viene a mejorar las propiedades físicas del suelo así como elevar la humedad del mismo. El surco es hecho a una profundidad de 20 a 30 cm, con espacio de unos 5 pies entre hilera.

2.11.8 SISTEMA DE COSECHA DE LA CAÑA

Ponderando las informaciones documentales estadísticas, referencias empíricas disponibles, así como considerando lo limitado de las informaciones suministradas por los productores privados, y las observaciones directas se considera que actualmente la agricultura cañera está mecanizada (uso intensivo de maquinaria para la producción y cosecha de la caña de azúcar) en aproximadamente un 30% del total de las tierras sembradas de caña y en explotación.

Los mayores índices de mecanización se presentan en el Central Romana y Vicini, llegándose en estos últimos incluso al uso de la aviación agrícola para labores de fertilización y aplicación de pesticidas.

La mecanización de la agricultura cañera garantizará no sólo la supervivencia de la actual industria, sino los programas de expansión para un máximo aprovechamiento de las áreas dedicadas a este cultivo. Una pequeña proporción de la totalidad de caña es quemada para el corte manual, siendo el rendimiento de corte manual, que representa el 85% del total cosechado, en promedio de 1.5 TM.- hombre / día – 8 hrs. y el mecánico de 30 TM.- máquina / hora, (Sosa, 2007).

2.11.8.1 CARGA, TRANSPORTE, EVALUACIÓN DE CALIDAD Y DESCARGA

La carga es hecha por grúa y manualmente después que la caña esté apilada, este se transporta por ferrocarril cuyos vagones tienen una capacidad de 15 a 20 toneladas. También se transporta en camiones y furgones que varían sus capacidades de 15 a 30 toneladas, así como en tractores con carretas metálicas que varían sus capacidades de 6 a 8 toneladas.

Al llegar al ingenio la caña es pesada y evaluada por análisis previo, del jugo que trae la caña, calculándose el Rendimiento Agrícola de la caña, en el laboratorio de control del ingenio.

La descarga de la caña es realizada con Volquetes hidráulicos de Vagones, Volquetes hidráulicos de Camiones, Grúas Viajeras, Descolmadoras, etc.

2.11.9 CALIDAD DE LA CAÑA DE AZÚCAR PARA LA PRODUCCIÓN DE ETANOL

Con excepción de la variedad de caña, el más importante factor de calidad, existen otros factores que influyen directamente en la calidad de la caña de azúcar como materia prima para la producción de alcohol. Algunos de estos factores pueden tener influencia en mayor o menor grado, tales como; el contenido de impurezas vegetales y minerales y la deterioración después de la cosecha, pero ningunos tienen mas influencia que las condiciones climáticas.

La caña “ideal” para la producción de alcohol debe de estar, en la época de cosecha, en su punto optimo de madures, ser “fresca” con el tiempo entre el corte y la molienda de un máximo de 24 a 48 horas y limpia, exenta de impurezas minerales y vegetales. Con

tiempos superiores a ese período, la deterioración de la caña puede producir grandes pérdidas de azúcar, que pueden ser mayores que 5%.

En cuanto a las impurezas vegetales y minerales, estas tienen un papel negativo en el proceso de producción de alcohol que va, entre otros, desde el aumento del desgaste de los equipos hasta la mayor probabilidad de infección del proceso fermentativo.

La caña no debe estar contaminada por microorganismos, los cuales acostumbran adherirse a la misma a través del suelo cuando la caña está húmeda, contaminada por el agua de lavado de la caña o por el aire.

La cantidad de microorganismos posible está en dependencia directa del sistema de corte, carga y transporte, así como el tiempo transcurrido entre corte, transporte y molienda, además de la temperatura y humedad del aire.

Por tanto la eficiencia o productividad en la fabricación del alcohol empieza en la calidad de la materia prima. Si hiciéramos un análisis sobre la deterioración de la caña después del corte, enfocándose los puntos de relevancia para la producción de alcohol, se llegaría a la conclusión básica de que no existe diferencia, en términos de calidad, si la caña de azúcar va a ser empleada como materia prima para la producción de alcohol o de azúcar.

2.11.9.1 POTENCIAL DE PRODUCCIÓN DE ALCOHOL DE DIFERENTES CULTIVOS

Desde el punto de vista potencial, la producción de Etanol a partir de la caña de azúcar también resulta muy atractiva, debido a la productividad que puede obtenerse, como se aprecia en el cuadro siguiente donde se relaciona este índice para diferentes cultivos.

Cuadro 6. Potencial de Producción de Alcohol de Diferentes Cultivos.

Cultivo	Rendimiento del Cultivo (Tm / ha)	Rendimiento de Alcohol (Lts / Tons.)	Productividad de Alcohol (Lts / ha)
Caña	70	70	4,900
Yuca	180	20	3,600
Sorgo Azucarero	86	35.8	3,010
Trigo	340	1.5	510
Maíz	370	6	2,220
Papa	110	25	2,750
Arroz	430	2.5	1,075
Uvas	130	25	3,250
Boniato (Batata)	125	15	1,875

Fuente: información obtenida del Reporte Final del Proyecto Promoción de Programas de Alcohol Carburante. Pag. 155, Sao Paulo, Brasil, año 2007.

El cuadro 6. nos muestra los rendimientos por cultivo que se pueden obtener por hectárea producida, vemos la caña de azúcar es el cultivo con el más bajo rendimiento por hectárea, pero siendo este cultivo el mayor en rendimiento en litros de alcohol por tonelada. La caña de azúcar es la principal materia prima para el proceso de alcohol en América Latina y el maíz, papa en EE.UU.

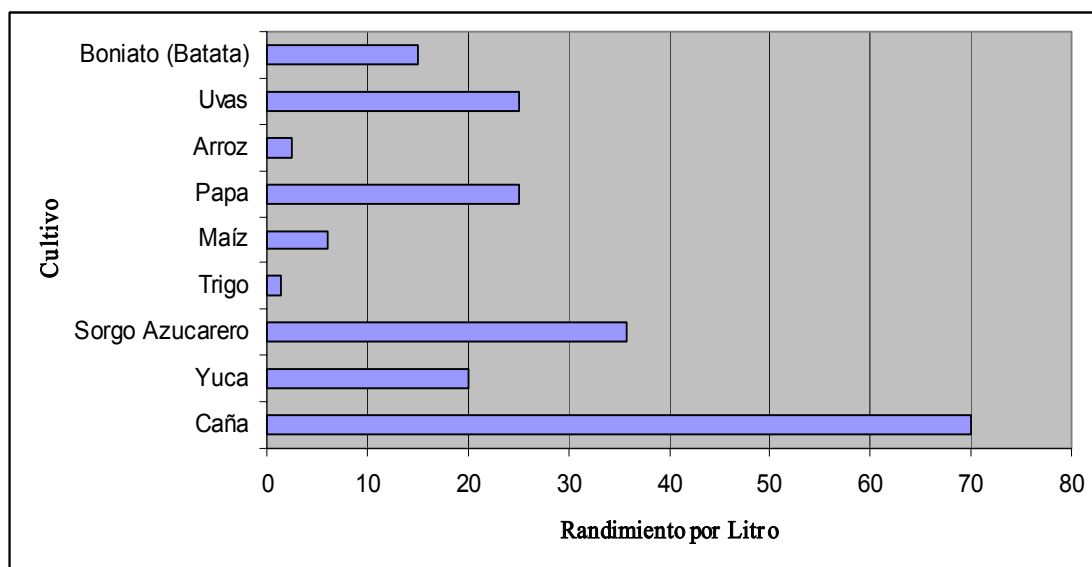


Figura 7. Rendimientos por Cultivos

En resumen, la caña de azúcar puede ser considerada como la fuente más eficiente para la producción de alcohol combustible a escala industrial, a partir de productos agrícolas. El hecho de que el bagazo resultante del proceso puede ser usado además como fuente energética para hacer funcionar la destilería, brinda un beneficio adicional para un óptimo balance energético en comparación con las otras materias primas.

En la figura 8. podemos observar el aumento que han tenido los carburantes en los últimos meses de investigación, esto a consecuencia de los altos precios del petróleo internacional, ya que dominicana importa la mayoría de todos los carburantes de Estados Unidos, Brasil y Venezuela.

Con la implementación de agrocombustibles al carburante tradicional ayudará a reducir las emisiones de gases que perjudican a la capa de ozono al igual que al medio de vida que depende de ella. La mayoría de carros fabricados desde el año 1990 pueden utilizar E-10, sin tener que hacer modificación alguna a su motor de vehículo.

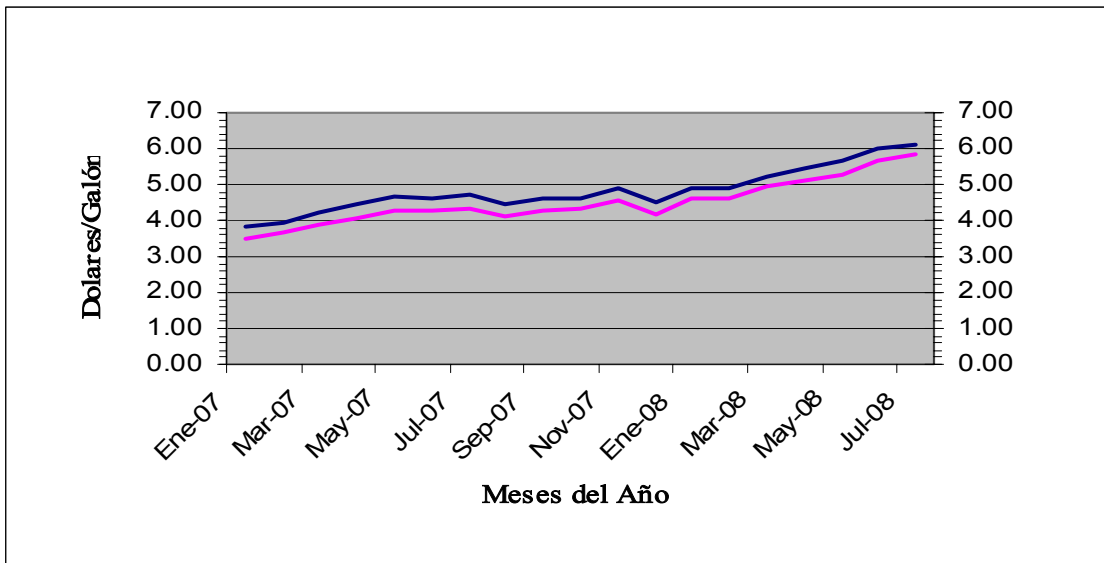


Figura 8: Precios históricos de galones de gasolina en República Dominicana
Fuente: Elaboración propia

Las materias primas usadas en la actualidad para producir agrocombustibles son productos vegetales altamente ricos en azúcares y almidón, que descompuestos mediante procesos enzimáticos se convierten en azúcares simples, y fermentando y destilando éstos se obtiene etanol.

Estos cultivos son principalmente: trigo, cebada, maíz, remolacha, centeno y caña de azúcar. Existen ciertos países en los que por su situación geográfica y climática, por sus cultivos, o por su tradición agrícola, predominan cierto tipo de cultivo en particular, sea éste el caso de Estados Unidos que basa la practica totalidad de su producción de bioetanol en el cultivo del maíz amarillo, o de Brasil que prácticamente usa la caña de azúcar como única materia prima.

3. MATERIALES Y METODOS

Para el análisis del proyecto se realizó un estudio del sector azucarero en la República Dominicana mediante recopilación de datos a través de un benchmarking y entrevistas a expertos. Se determinó y comparó la situación actual de la industria.

Con los datos obtenidos en el área de campo se procedió a realizar una revisión a lo que se refiere los rendimientos de caña de azúcar por hectárea, tipos de fertilizantes aplicados y cantidades requeridas para una hectárea, mano de obra, las cantidades de cortes por zafra. Después de tener los datos de campo se procedió a obtener los precios para cada uno de los insumos utilizados para la producción en una hectárea, obteniendo esto, se determinó el costo total para la producción de una hectárea de caña de azúcar.

Estos resultados se compararon con los costos de producción en el estado de Louisiana en Estados Unidos los cuales sirvieron como referencias ya que la producción de caña de azúcar se podría decir es la misma en todas partes la única diferencia en esto sería los diferentes tipos de costos en que se incurren para la producción debido a las variantes en los precios.

Esto ayudó a realizar un análisis económico de la industria azucarera en la República Dominicana en la implementación de etanol en mezclas de E5 y E10.

Luego de comparar estos costos se realizó un análisis de sensibilidad de los precios de gasolina y etanol para consumidor final. La información provista sobre el mercado mundial del azúcar y etanol se obtuvo de las siguientes fuentes:

- IICA
- CEPAL
- INAZUCAR (Instituto Azucarero de la R.D.)
- FAO
- USDA

- Louisiana State University (AgCenter, Agricultural Department).
- Secretaria de Industria y Comercio de la R.D.
- CIBOT

Por medio del uso de los cuadros comparativos se procedió a determinar el ahorro monetario que incurrirá el gobierno mediante el remplazo del E5 y E10, cabe recalcar que se determino la cantidad de tierra necesaria para la producción que me cubra la demanda al 10% y 5% de etanol.

Cabe recalcar que para los cuadros comparativos fue útil utilizar conversiones como son cuantas libras de azúcar son producidas en una tonelada de caña de azúcar, así como también litros de etanol que se pueden producir con una tonelada de caña de azúcar.

Para conocer la posible demanda de etanol en la República Dominicana, nos enfocamos en costos de producción elaborados y los precios establecidos en el mercado, facilitará la tarea de cuantificar la demanda potencial, bajo dos escenarios como el E5 y E10.

Las proyecciones resultantes estarían fundamentadas en los siguientes supuestos:

- La totalidad de la demanda de etanol será absorbida por el sector transporte, como parte de una mezcla con la gasolina en proporciones de entre un 5% y un 10% (E5-E10).
- Para fines del estudio no se prevé el consumo de etanol puro, mediante la introducción en el mercado doméstico de los vehículos denominados “flex fuel”, los cuales funcionan en base a mezclas E-85 y superiores.

La comercialización del etanol involucraría únicamente a los productores (biorefinerías o destilerías) y a las empresas minoristas de distribución de combustibles (refinería, Shell), no interviniendo de manera directa el consumidor final. Adicionalmente, resulta evidente que la pauta de consumo de etanol estará condicionada a la trayectoria de consumo del derivado principal (gasolina).

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Para llevar a cabo este trabajo se procedió a obtener el costo de producción en que se incurre al producir un litro de etanol, así como también rendimientos, tierra necesaria para cubrir los diferentes tipos de escenario del E5-E10, se determinó la comercialización y ahorro monetario en divisas que podría utilizar el gobierno con la implementación de los agrocombustibles.

Cuadro 7. Costo de producción por litro obtenido.

Tonelada	Litros de etanol	Costo/litro US\$	Costo Total US\$
1	70	0.23	16.1

Fuente: Forbes Energy

El cuadro 7, nos muestra la cantidad de litros que se obtienen por una tonelada de caña de azúcar procesada y el costo total para la producción de etanol para una tonelada de caña de azúcar, el costo total se obtuvo median la información provista de la empresa Forbes Energy el cual nos dio el costo de \$0.23 por litro de etanol procesado.

Cuadro 8. Margen de contribución de azúcar para venta nacional vs exportada.

	República Dominicana	Azúcar de Exportación
Medidas/Centavos de Dólar	lb. de Azúcar/\$	Lb. de Azúcar/\$
Precio de venta	0.2496	0.2257
Costo de Producción/Libra	0.1924	0.1924
Margen de Contribución	0.0572	0.0333

En cuadro 8, podemos observar que el mayor margen de contribución por libra de azúcar vendida es mayor para venta nacional que el azúcar exportado siendo el costo de producción el mismo para dicho producto.

Cuadro 9: Margen de contribución del etanol para venta nacional vs exportado.

Comercialización del Etanol		
	República Dominicana	Etanol Exportado
Precio de Venta US\$/Galón	1.94	2.68
Costo de Producción US\$/Galón	0.87	0.87
Margen de Contribución	1.07	1.81

Fuente: Forbes Energy costo de Producción, CIBOT, precio de etanol spot julio 2008

En el cuadro 9, tenemos que el margen de contribución es mayor para el etanol exportado, esto debido al precio que existe en el mercado, este tipo de combustible es cotizado en la bolsa de Chicago (CIBOT).

Cuadro 10. Consumo de barriles de Gasolina por día y costo de la gasolina por día

Consumo República Dominicana	
Barriles/día	90,000
Precio US\$/Barril	95
Total/US\$	8,550,000.00

Fuente: Secretaría de Industria y Comercio, República Dominicana

En el cuadro 10, se presenta el total de barriles de gasolina consumidos por la República Dominicana a un precio de \$95 dólares por barril multiplicados por el precio de barril en el mercado tiene un costo total de \$ 8, 550,000.

Cuadro 11. Cantidad de galones de etanol a utilizar para E10.

Implementación de Etanol (E10)	
Galones de Etanol / día	378,000
Galones de Gasolina / día	3,402,000

En el cuadro 11, se calculó el 10% de la demanda que se piensa reemplazar en el uso del etanol, lo cual nos indica que se necesitan producir el total de 378,000 galones de etanol por día para cubrir la demanda por día que el país requiere.

Cuadro 12. Costo en la implementación del E10.

Precio Total de la Implementación (E10)	
Galones Etanol	378,000
Precio US\$/Galón	1.94
Monto Total US\$	733,320

En el cuadro 12, se muestra el precio del galón de etanol que el consumidor estaría pagando ya puesto en los centros detallistas de combustibles y el costo que tendría para los detallista reemplazar el 10% de este combustible por día.

Cuadro 13. Comparación de precios y costo que se incurren en los diferentes tipos de combustibles.

Precios de Galones/Año E10		
	Gasolina	Etanol
Galones	137,970,000	137,970,000
Precio/ Galón	\$5.84	\$1.94
Precio Total	\$805,744,800	\$267,661,800

En el cuadro 13, se muestra una comparación entre el precio actual de venta de gasolina y el precio en el uso de el 10% de la demanda total de galones de etanol lo cual muestra una reducción bastante considerable comparado con el de la gasolina normal.

Cuadro 14. Ahorro monetario por año por parte de los detallistas.

Ahorro Monetario E10	
Costo Gasolina	\$805,744,800
Costo Etanol	\$267,661,800
Margen de Ahorro	\$538,083,000

En el cuadro 14, podemos observar el ahorro que tendría la implementación del E10, con el reemplazo de 137,970 galones de gasolina que representa el 10% de la demanda total al año, esto se puede expresar en divisas que el gobierno podría utilizar para otras cosas en el país.

Cuadro 15. Hectáreas requeridas para la implementación E10.

Hectáreas requeridas para la producción del (E10)	
Cantidad de Galones Etanol/Ha	1,109
Hectáreas Requeridas para (E10)	124,337
Total de Producción	137,970,000

En el cuadro 15, se muestra la producción posible de galones de etanol que se pueden obtener por hectárea que es de 1,109 galones por las 60 toneladas que es el rendimiento promedio que tiene la República Dominicana por hectárea, se muestra también las hectáreas requeridas para cubrir la demanda del E10 al año.

Cuadro 16. Comparación de precios y costo que se incurren en los diferentes tipos de combustibles E5.

Precios de Galones E5		
	Gasolina	Etanol
Galones / Año	68,985,000	68,985,000
Precio/ Galón	\$5.84	\$1.94
Precio Total (E5)	\$402,872,400	\$133,830,900

El cuadro 16, se muestra una comparación entre el precio actual de venta de gasolina y el precio total por año de galones de etanol lo cual muestra una reducción bastante considerable con la mezcla del E5.

Cuadro 17. Hectáreas requeridas para la implementación E5.

Hectáreas requeridas (E5)	
Cantidad de Galones Etanol/Ha	1,109
Hectáreas Requeridas para (E10)	88,990
Total de Producción	98,747,881

En el cuadro 17, se muestra la producción posible por hectárea que es de 1,109 galones por las 60 toneladas, se puede observar también las hectáreas requeridas para la demanda del E5 y los litros a producir con dicha demanda de E5.

8.1 ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD

En los siguientes cuadros se realizó un análisis de sensibilidad de los precios de gasolina y etanol para ver la variación que tienen los precios cuando se aumenta o disminuye su precio en diferentes porcentajes para consumidor final, esto nos ayuda a tener un panorama de los diferentes escenarios entre el etanol y la gasolina.

Cuadro 18. Variación en precio del galón de etanol.

Cambio porcentual	Precio Galón
180%	0.349
170%	0.330
160%	0.310
150%	0.291
140%	0.272
130%	0.252
120%	0.233
110%	0.213
100%	0.194
90%	0.175
80%	0.155
70%	0.136
60%	0.116
50%	0.097
40%	0.078
30%	0.058
20%	0.039

En el cuadro 18, se muestra la variación que tendría el precio del galón de etanol, el precio actual es de US\$1.94, a este precio se le calcula el 10% que se estaría mezclando con un galón de gasolina normal y obtenemos que el precio que este significaría mezclado con el galón de gasolina (90%) sería de US\$0.194. También el cuadro 18, nos muestra los diferentes tipos de variación en el precio que obtendríamos si el precio del etanol bajara o aumentara.

Cuadro 19. Variación en precio de venta en gasolina al 90%.

Variación Porcentaje	US\$ Precio GL	US\$ Precio GL 90%
180%	10.512	9.46
170%	9.928	8.94
160%	9.344	8.41
150%	8.760	7.88
140%	8.176	7.36
130%	7.592	6.83
120%	7.008	6.31
110%	6.424	5.78
100%	5.840	5.26
90%	5.256	4.73
80%	4.672	4.20
70%	4.088	3.68
60%	3.504	3.15
50%	2.920	2.63
40%	2.336	2.10
30%	1.752	1.58
20%	1.168	1.05

En el cuadro 19, se explica el cambio en el precio que tendría al implementar el 90% de gasolina, este precio se reduce de \$5.84 a \$5.26 el galón de gasolina, También este cuadro nos muestra los diferentes tipos de precios que se tendrían al subir o bajar los precios de la gasolina.

Fórmula usada para calcular el precio de mezcla:

$$PM = PE(\%E) + PG(\%G) : PM = 1.94(0.10) + 5.84(0.90) = \$5.45$$

Donde;

PM: Precio Mezcla

PE: Precio Etanol

PG: Precio Gasolina

%E: Porcentaje de mezcla a utilizar de etanol

%G: Porcentaje de mezcla al utilizar de gasolina

Esta fórmula fue utilizada para calcular el precio de la mezcla de gasolina/etanol a un 10% etanol y 90% gasolina. Esta fórmula nos permite ingresar el precio del etanol, precio de gasolina y los porcentajes a utilizarse de gasolina/etanol para luego ser calculado el precio de venta en el mercado nacional.

Cuadro 20. Variación del precio de etanol vs mantener constante la gasolina.

Variación en el precio de Etanol	Aumento en Etanol y Constante en Gasolina	
	Precio de Venta E10	Ahorro en precio de 5.84
205%	5.85	-0.01
150%	5.74	0.10
100%	5.64	0.20
50%	5.55	0.29
0%	5.45	0.39
10%	5.43	0.41
20%	5.41	0.43
30%	5.39	0.45
40%	5.37	0.47
50%	5.35	0.49
60%	5.33	0.51
70%	5.31	0.53
80%	5.29	0.55

En el cuadro 20, trata de explicar es la variación en el precio de la mezcla del etanol al 10%, podemos ver que al precio actual del galón de gasolina en la República Dominicana es de \$5.84 al remplazar el 10% por etanol tenemos un nuevo precio en el galón de \$5.45 este ahorro es de \$0.39.

Pero tenemos el escenario donde podemos observar que si el precio del galón de etanol aumenta a un 205% su precio dejaría de ser económicamente rentable para el consumidor ya que estaríamos perdiendo \$0.01, esto es sólo si se mantiene constante el precio del galón de gasolina.

Cuadro 21. Variación del precio de Gasolina vs mantener constante el galón de etanol.

Aumento en Gasolina y Constante Etanol			
Variación	Precio de venta del E10	Ahorro	Ahorro
		Precio 5.84	Precio Mercado
80%	9.65	3.81	-0.86
70%	9.13	3.29	-0.80
60%	8.60	2.76	-0.74
50%	8.08	2.24	-0.68
40%	7.55	1.71	-0.62
30%	7.03	1.19	-0.57
20%	6.50	0.66	-0.51
10%	5.98	0.14	-0.45
0%	5.45	-0.39	-0.39
10%	4.92	-0.92	-0.33
20%	4.40	-1.44	-0.27
30%	3.87	-1.97	-0.21
40%	3.35	-2.49	-0.16
50%	2.82	-3.02	-0.10
60%	2.30	-3.54	-0.04
70%	1.77	-4.07	0.02
80%	1.25	-4.59	0.08

En el cuadro 21, se muestra un escenario donde el precio de la gasolina varía mientras que el precio por galón de etanol se mantiene constante, podemos observar que a medida que el galón de gasolina baja el ahorro es mayor, se realizó la variación en el precio de gasolina donde su precio es de \$5.84.

Las variaciones en el precio nos dice que si el galón de gasolina se llega a reducirse a un 70% (\$1.77) de su precio ya la mezcla de etanol dejaría de ser económicamente rentable para el consumidor ya que este estaría pagando \$0.02 centavos adicional por la mezcla. El consumidor preferirá comprar el galón de gasolina sin mezcla ya que le costaría menos esto teniendo en cuenta que el galón de etanol se mantenga al precio actual de \$1.94

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 CONCLUSIONES

La República Dominicana cuenta con una extensión de 168,000 hectáreas actualmente ociosas pero con potencial para la producción de etanol y cuya utilización no afectaría la industria de azúcar en el país.

Si se emplearan las tierras ociosas, se determinó la producción anual de etanol serían unos 186, 420,079 galones.

El costo de producir un litro de etanol a partir de la caña de azúcar es de US\$0.23 y un precio de venta de US\$1.94 por galón. En la mezcla (E10) el costo de implementar es de US\$ 267, 661,800 y para la implementación en el caso del (E5) US\$ 133, 830,900.

El análisis en el ahorro económico en la utilización de (E10) como remplazo en los combustibles en la República Dominicana puede llegar a ser de US\$ 538, 083,000.00 al año y para el (E5) US\$269, 041,500.00 al año.

5.2 RECOMENDACIONES

Realizar un estudio financiero en detalle de la inversión necesaria para producir el total de etanol que implicaría la mezcla de etanol.

Realizar un estudio de mercado para determinar el grado de consumo de etanol E5-E10 en consumidores.

Se recomienda que el gobierno implemente el uso de (E10) como mezcla en los carburantes, ya que significa un ahorro significativo de divisas en el país.

Se deben realizar estudios del balance energético de la producción de etanol en el país a partir de caña de azúcar y cuantificar las toneladas de CO₂ que se podría colocar en el mercado de carbono de una mezcla E-10 en República Dominicana, por la sustitución de la Emisión de los combustibles fósiles consumidos.

6. BIBLIOGRAFÍA

Comisión Nacional de Energía (2003). "Proyecto de prospectiva de demanda de energía., Fundación Bariloche.

Comisión Nacional de Energía, 2003 Evaluación de las posibilidades de importación de gas natural, República Dominicana. Documento final.

Comisión nacional de Energía. Abril, 2006. Disponible en <http://www.olade.org.ec/biocombustibles/Documents/PDF-22-> Ponencia presentada en Brasil. Seminario Internacional de Biocombustibles 2006 -OLADE – Perspectiva de los biocombustibles en la República Dominicana Brasilia, Brasil. Consultada en 2008.

Horta Nogueira, Luiz Augusto, Costos Y Precios Para Etanol Combustible En América Central (Convenio CEPAL/República De Italia) "Utilización Del Bioetanol Para Apoyar El Desarrollo Sustentable De América Central". CEPAL, Naciones Unidas.

Michael E. Salassi. (2006) Projected Commodity Costs and Returns. Department of Agricultural Economics and Agribusiness. Louisiana State University. Louisiana

Manuel Capriles. (2008) Costos de producción de caña de Azúcar en la República Dominicana. Ingenio Azucarero Grupo Vicini. República Dominicana.

Matt Hassett. (2008) Consulta sobre producción de etanol en la República Dominicana. Disponible en www.forbesenergy.us .