

ETANOL: UN BIOCOMBUSTIBLE PARA EL FUTURO^{1/}

INTRODUCCIÓN

La crisis energética mundial que se inició en el año 1973 y cuyos graves efectos perduraron por más de una década, resurge hoy nuevamente con preocupantes expectativas futuras y similares consecuencias negativas para todas las naciones; especialmente para aquellas que como es el caso de Costa Rica, son absolutamente dependientes de la utilización e importación de hidrocarburos y sus derivados, al carecer de reservas naturales propias (Dickey, 2004; La Nación, 2004e; La República, 2004mq; Mattich, 2004; Murillo y Canales, 2004; Soto, 2004; Vianna, 1979).

Esta situación revive nuevamente la añeja discusión vinculada con la dependencia casi global del petróleo; la necesaria búsqueda de fuentes energéticas alternativas; el fuerte impacto inducido por los altos costos del petróleo sobre las economías; la escalada de incrementos generada en los costos de la alimentación y la producción de los países; la pérdida de competitividad comercial de las empresas, entre muchas otras.

A todas esas inquietantes y cotidianas realidades se agregan hoy día otras que agravan aún más la situación y dificultan alcanzar la estabilidad, conspirando contra el equilibrio actual y, sobre todo, la certeza futura que asegure la disponibilidad mundial de ese importante energético. Entre esos nuevos elementos se tienen la contaminación, la polución ambiental y la pérdida acelerada de biodiversidad; la realidad que pesa sobre las verdaderas reservas de petróleo existentes en el mundo; el preocupante agotamiento de las mismas; la manipulación geopolítica de las reservas mundiales, los mercados y los precios del petróleo, y las luchas de poder (con figuras totalitarias y alcances militares) que por su dominio se han generado con mayor intensidad y consecuencias desastrosas en años recientes (Díaz, 2004; Jiménez, 2004; Martínez, 2004; Suárez, 2004).

El inminente agotamiento de las reservas petrolíferas mundiales esta alarmando y preocupando en la actualidad como nunca antes a la humanidad (Dickey, 2004; La República, 2004hmq; Timmons y Glanz, 2004), en virtud de que su progreso y desarrollo social, comercial y tecnológico se apoya fundamentalmente en el empleo de esa fuente de energía fósil, la cual ha sido mundialmente utilizada gracias a sus excepcionales atributos y características favorables para su empleo, almacenamiento y distribución.

Actualmente y como resultado de la coalescencia e interacción de varios factores de diferente naturaleza, algunos de ellos directamente vinculados entre si, como son el incremento y agudizamiento de los conflictos bélicos en Medio Oriente; el significativo aumento de la demanda del crudo por parte de los países industrializados como EUA y

¹ Ing.Agr. Marco Chaves Solera, Director Ejecutivo Dirección de Investigación y Extensión de la Caña de Azúcar (DIECA). Teléfono (506) 284-6066, Fax (506) 223-0839. E-mail: mchavez@laica.co.cr.
En: Memorias Seminario “*Antecedentes y Capacidad Potencial de Cogenerar Energía y Producir Etanol por Parte del Sector Azucarero Costarricense*”, 30 de setiembre, 2004, Hotel Best Western Irazú, San José, Costa Rica.

China; la severa crisis de gobernabilidad que ha venido enfrentando Venezuela, un proveedor importante de petróleo, y los serios problemas financieros que atraviesa la importante empresa petrolera Rusa Yukos, vienen ocasionando un clima generalizado de inestabilidad en el mercado petrolero, cuyo resultado inmediato es la especulación, el desabasto y el desproporcionado incremento en los precios del petróleo, además de dudas en la capacidad de mantener una oferta segura de petróleo en el largo plazo (Al Día, 2004; ART PINE, 2004; La Nación, 2004abcghjlm; La República, 2004abcefijklnop; Rojas y Agencias, 2004bc; Thompson, 2004).

En el caso particular de Costa Rica el reciente incremento desproporcionado de los precios del Crudo a nivel mundial, ha venido generando serios problemas al país, en virtud de que los efectos son percibidos por la población como alzas continuas en los precios de los combustibles, el transporte público, el costo de la electricidad, los alimentos y con ello el costo general de la vida. Esta situación disminuye la capacidad de ahorro, incrementa la inflación, impacta las limitadas reservas monetarias e incide sobre los principales indicadores macroeconómicos nacionales. Paralelamente se afecta sensible y negativamente la Balanza Comercial, pues el país debe asignar y erogar más dólares el mismo barril de crudo importado.

Los titulares de los principales periódicos nacionales destacan y revelan en toda su dimensión y magnitud, los serios problemas que durante el presente año (2004), principalmente en los meses de julio, agosto y setiembre, ha venido padeciendo el país en materia de precios del petróleo y con ello la economía nacional, como lo expresan en sus comentarios Agüero (2004abcd), Barquero (2004), Canales (2002a), La República (2004dg), Murillo y Canales (2004), Oviedo (2004), Prendas y Canales (2004), Rojas y Agencias (2004ac), Rojas y Leal (2004), Rojas (2004ab), Segura y Otoya (2004).

Esta situación perfilada como una verdadera crisis energética, económica y social, a obligado al país y a las empresas, a adoptar medidas estratégicas de control y regulación, que permitan enfrentar y contrarrestar en algún grado el problema de precios, gastos y costos, tal como lo expresan los titulares expuestos por Barquero (2004), Canales (2004b), Gueren y Agüero (2004), Herrera (2004), La Nación (2004f), La República (2004g), Leal y Rojas (2004), Rojas (2004b), Vargas (2004).

EVOLUCIÓN ENERGÉTICA

Las fuentes energéticas empleadas por la humanidad para su manutención han variado y evolucionado significativamente con los tiempos, en un dinámico proceso de complementación, adaptación y sustitución.

Haciendo una sinopsis histórica de la evolución acontecida en esta materia, vemos que desde antes y durante buena parte del Siglo XIX el empleo de la biomasa, propiamente la Leña en un inicio y posteriormente el Carbón Vegetal, representaban las más importantes fuentes mundiales de energía conocidas y utilizadas. En ese mismo Siglo motivados por el descubrimiento del Carbón Mineral, lo que aunado a sus grandes reservas naturales y a las facilidades que su extracción tenía y enormes ventajas que su uso implicaba, se dio la

rápida y definitiva sustitución de esas fuentes biomásicas. El Carbón Mineral fue determinante en el auge y dinámica de la Revolución Industrial.

Fue a inicios del Siglo XX cuando aparece el Petróleo en el escenario energético mundial, el cual promueve de forma muy rápida la sustitución del Carbón Mineral y Vegetal, los cuales quedan junto con la Leña relegados a un bajo grado de empleo.

Es precisamente con el auge y enorme desarrollo económico, comercial y tecnológico alcanzado durante el Siglo XX, cuando el petróleo llega a dominar en el orbe mundial, constituyéndose y posicionándose como la principal fuente motriz de la humanidad.

Como indicará Chaves (1993, 2003), la “Crisis de los Energéticos” acontecida durante las décadas de los años 70 y 80, ratificaron *“el impacto y la importancia estratégica del petróleo como energético, al promover e inducir impactos económicos y sociales negativos e imprevisibles para los países que como Costa Rica son dependientes”*.

Actualmente las diversas tendencias técnico-científicas son coincidentes y unánimes en afirmar que el futuro de la sustentabilidad del planeta está fundamentado en el desarrollo, dominio y empleo de la tecnología del Hidrógeno (La Nación, 2004di); pese a lo cual se han tenido complementariamente avances muy importantes y sobresalientes en el desarrollo de la Energía Solar (Celdas), la Hidráulica, la Nuclear, la Eólica, la Geotérmica, la Fotovoltaica y la Biomásica.

En el tanto la opción tecnológica del Hidrógeno se alcanza y consolida y el empleo del petróleo es con ello disminuido, el desarrollo de otras fuentes sustitutas alternativas y ventajosas como el Etanol, el Gas (LPG) y la Electricidad, representan oportunidades viables para atender en principio parcialmente y con mucha eficiencia las necesidades de los hidrocarburos en su uso como combustibles (Bailey, 1996; Barreto, 1980; Briceño y Calero, 2004a; Calero, 2000; Corrêa, 2002; FAO, 1981; La Nación, 2004k; Sabino, 1998; Vargas, 2004).

¿POR QUÉ PETRÓLEO?

La motivación y razones para emplear y casi pensar en perpetuar el uso del petróleo han sido varias, todas basadas fundamentalmente en el hecho de que las reservas y la disponibilidad de este hidrocarburo han sido históricamente significativas a nivel mundial, lo que aunado a que su estado natural líquido permite el manejo de grandes cantidades a granel, empleando para ello sistemas económicos, rentables y relativamente limpios; sea como combustible o como materia prima industrial.

Asimismo, el elevado poder calorífico de los derivados del petróleo torna su empleo muy favorable en medios de transporte, permitiendo recorrer grandes distancias con una reserva relativamente pequeña en comparación con otros combustibles industriales; aunque esta situación esta evolucionando positivamente en favor de otras fuentes energéticas alternativas.

La riqueza y el alto valor agregado de los subproductos y derivados del petróleo, ha sido un factor igualmente determinante en su empleo y permanencia como fuente energética. Sus derivados son separados y procesados en las refinerías y empleados como materia prima principal o de apoyo por parte de la industria moderna. Destaca en este sentido la Industria Petroquímica y su ramo de Productos Plásticos, componente importante de la moderna economía de consumo.

PETRÓLEO, ECONOMÍA Y POLÍTICA

El petróleo ha sido visto históricamente como una curiosa excepción a las leyes que regulan y operan las reglas de la oferta y la demanda. El argumento que daba sustento a esta particular creencia, la cual hasta hace poco tiempo parecía aún tener mucha validez, era que el petróleo desempeñaba un papel determinante y casi insustituible en los procesos de crecimiento y desarrollo económico de la industrialización.

De esta creencia surgió el estrecho vínculo establecido entre crecimiento económico y energía. En las primeras etapas de la industrialización esta fue una constante segura, de manera que una disminución en el crecimiento económico se vinculaba y articulaba con una disminución en la demanda de petróleo.

Acontecimientos geopolíticos y económicos surgidos en los años 70 y 80 conspiraron y dieron lugar a la “*Crisis de los Energéticos*”, modificando y alterando con ello la articulación entre los factores de precios, lo cual cambió radicalmente los enfoques vigentes. Entre esos acontecimientos, la explosión de los precios de los años 70, la recesión de principios de los 80 y los conflictos surgidos en Oriente modificaron e indujeron una alteración estructural de la demanda.

Se esperaba sin embargo, que una vez superados los problemas que padecía la economía mundial la demanda de petróleo se recuperaría, lo que no resultó cierto. Quedó demostrado que la relación entre el Producto Nacional Bruto y el uso de energía había sido alterada, al menos en los países industrializados, evidenciando que es posible alcanzar un mayor crecimiento económico con menos uso de energía.

Las otrora tradicionales “industrias de chimenea” han modernizado radicalmente sus patrones energéticos, empleando en sus procesos fabriles menos energía por unidad producida; además de mantener un uso más eficiente de la energía a un menor costo unitario en detrimento de la demanda. En la industria automotriz esta relación es muy clara, pues las nuevas tendencias industriales son las de fabricar automóviles más pequeños y más eficientes en cuanto al uso de combustibles en relación con sus predecesores.

Esta crisis motivó complementariamente un aumento significativo en las actividades de exploración de nuevas reservas petrolíferas (Mar del Norte, por ejemplo), integrando nuevos países a la comunidad productora internacional. El sentimiento de escasez comenzó a infiltrar la industria del petróleo y también, la revisión estratégica sobre el riesgo político de la dependencia del Hidrocarburo por parte de las naciones industrializadas e importadoras de Occidente tomó así especial relevancia.

El resurgimiento del Fundamentalismo Islámico, los problemas Políticos acontecidos en Oriente, las guerras que han involucrado a Irán, Irak, Kuwait, la Comunidad Árabe y más recientemente a la Coalición Internacional, han provocado efectos negativos directos sobre los niveles de producción y las reservas dispuestas para atender la demanda internacional de petróleo, lo que se ha traducido en periodos variables de escasez e incremento en espiral ascendente de los precios a nivel mundial. Hay actualmente prevaleciente una percepción fundamentada a nivel internacional, de que los precios del petróleo no tienen un límite superior, generando gran preocupación por su impacto potencial.

RESERVAS MUNDIALES DE PETRÓLEO

La incertidumbre surgida en diferentes épocas respecto a cual es el verdadero volumen de las reservas y la disponibilidad real de petróleo, han generado situaciones de gran preocupación que han creado y dado lugar a verdaderas crisis de alcances globales, sumiendo a muchos países en severas “Crisis Nacionales” de alcances y consecuencias desastrosas para sus economías y pobladores.

En el periodo de 1960-1973 por ejemplo, la tasa promedio de consumo mundial de petróleo aumentó de forma desmedida hasta un 7,8%; crecimiento que según las proyecciones resultaba y se consideraba insostenible en el largo plazo, pues de acuerdo con las estimaciones de la época, ese acelerado ritmo de consumo consumiría todas las reservas conocidas hasta el año 2000. Era claro que los estimados de producción eran insuficientes para presuntamente satisfacer la demanda mundial proyectada.

Esa fue precisamente una de las razones que condujo y obligó a la Organización de Países Exportadores de Petróleo (OPEP) a adoptar medidas regulatorias y de control de la demanda del petróleo, que dieron lamentablemente lugar a la “Crisis Energética de 1973”. Como consecuencia de las severas medidas restrictivas adoptadas y la crisis generada, la tasa de consumo mundial de petróleo aumentó entre 1973 y 1980 apenas en un 1,4%.

Los impactos negativos de la insuficiencia y consecuente alto precio que adquirió el petróleo en el mundo no se dejaron esperar, afectando más fuertemente a la totalidad de países no productores del Hidrocarburo, como Costa Rica, quienes debían obligadamente adquirirlo en directo detrimento y sacrificio de sus deprimidas economías, como efectivamente ocurrió.

Como se indicó, hoy día resurgen nuevamente las preocupaciones por las verdaderas reservas existentes en los países productores, y con ello la disponibilidad de petróleo para satisfacer las necesidades y la demanda mundial en el mediano y largo plazo (Dickey, 2004; La Nación, 2004e; La República, 2004himq; Soto, 2004; Timmons y Glanz, 2004). Las estimaciones actuales de la OPEP (julio del 2004), consideran un crecimiento de la demanda mundial de crudo para este año en un 2,67%, al tiempo que calcularon en un 2,06% el crecimiento de la demanda para el 2005. Esas proyecciones implican un consumo promedio de 80,90 millones de barriles diarios (mb/d) en el 2004. El crecimiento de la demanda global es de 2,1 mb/d, o un 2,67% con respecto al consumo registrado en el 2003.

El crecimiento previsto actualmente es el más alto de los últimos 16 años; aunque para el 2005 los expertos esperan un consumo más moderado, de 1,67 mb/d o un 2,06%, que implicará un consumo medio anual de 82,56 mb/d. Estos cálculos se basan en las predicciones de que la economía mundial crecerá en un 4,3% el próximo año, por debajo del 4,8% calculado para el 2004 (La Nación, 2004a).

CAMBIOS EN LOS COMBUSTIBLES

Por muchos años se procuró atender y satisfacer mediante nuevas tecnologías, nuevas normativas y reglamentaciones más modernas, las crecientes preocupaciones y quejas que en materia de seguridad energética e impacto ambiental ocasionado por los combustibles y los automóviles surgían a nivel mundial.

Muchos de esos cambios se orientaron y centraron en el automóvil, lo que hizo posible generar rápidamente nuevas tecnologías que permitieron aumentar la eficiencia del vehículo y disminuir significativamente las emisiones de gases contaminantes como Monóxido de Carbono (CO), Hidrocarburos (HC), Óxidos de Nitrógeno (NOx) y Óxidos de Sulfuro a la atmósfera.

Con el gran desarrollo y dinámica evolución de la tecnología del automóvil, quedaba claro que el logro de más avances debía alcanzarse limpiando y mejorando los combustibles que utilizaban dichos vehículos. Esta realidad condujo a los refinadores de Gasolina por ejemplo, a modificar la composición de ese Hidrocarburo, promovidos e impulsados fundamentalmente por consideraciones principalmente de carácter medioambiental.

Como parte de dichos cambios se tiene y recuerda la introducción en gran escala a inicios de los años 70, de la Gasolina Sin Plomo, seguida por la consecuente eliminación sistemática y progresiva del Plomo en las Gasolinas Con Plomo, lo que se dio en el periodo 1975-1985. Dicha corriente llegó en forma tardía a Costa Rica, pues el Tetraetilo de Plomo (TEL) fue eliminado en el país a partir de agosto de 1994 (Chaves, 1993, 2003). El Plomo era un mejorador de Octanaje de carácter organometálico. Los ajustes reglamentarios continuaron hasta introducir la Agencia de Protección Ambiental de los EUA (EPA), modificaciones en la Volatilidad de los Combustibles, lo que se logró en 1992. La ejecución de esos programas introdujo cambios importantes en la composición de las Gasolinas.

Con el objeto de disminuir las emisiones de CO, varias ciudades y pueblos de los EUA como Colorado, Nevada, Arizona, Nuevo México y Texas impulsaron a finales de 1980, el empleo de Combustibles Oxigenados. En la industria petrolera se emplea el término oxigenado para referirse a componentes del octano que contienen Hidrógeno, Carbono y Oxígeno en sus estructuras moleculares. Incluye éteres como el MTBE y alcoholes como el Etanol y el Metanol.

Se conoce como Gasolinas Oxigenadas aquellas que contienen un oxigenante como el Etanol o el MTBE, el cual enriquece químicamente la mezcla aire/combustible (carburante) mejorando en consecuencia la combustión en la Cámara de Combustión del vehículo, la

que resulta más completa, reduciendo con ello las emisiones de escape de CO a la atmósfera.

Nuevas disposiciones y enmiendas a las legislaciones de los EUA introdujeron a partir de 1990, cambios en la Gasolina con objetivos de mejoramiento medioambiental procurando el saneamiento del aire. Las mismas fueron enfocadas principalmente al cumplimiento de lo dispuesto en relación con el Ozono, lo que motivó la introducción a partir de 1995 de la Gasolina Reformulada (RFG).

Las RFG son Gasolinas con composición y/o características alteradas con el fin de reducir las emisiones de gases contaminantes de los vehículos, por lo que brindan combustiones más limpias; hay versiones para verano e invierno. No debe confundirse la RFG con la Gasolina Oxigenada, pues aunque ambas contienen oxigenados como Etanol y MTBE, no son exactamente lo mismo. Los carburantes oxigenados son simples Gasolinas Clásicas con adición de un oxigenante; se emplean principalmente durante el invierno para reducir las emisiones de CO. Toda Gasolina Reformulada se oxigena pero no todos los carburantes oxigenados son RFG. Es importante señalar que la Gasolina Clásica a menudo contiene oxigenados para aumentar el Octanaje.

Las RFG contrario a lo que se cree, difieren muy poco de las Gasolinas Clásicas, pues su rango de propiedades esta dentro del de esas Gasolinas. Las principales diferencias entre RFG y Gasolina Clásica son:

- El Benceno está limitado al 1% en la RFG.
- La Volatilidad es reducida en las RFG de verano.
- Todas las RFG contienen un oxigenado.
- Pueden tener niveles reducidos de Azufre, Aromáticos y Olefinas, así como reducciones en el Punto de Evaporación 90%.

La adición de compuestos oxigenados y la reformulación de las Gasolinas condujeron a la incorporación de otros cambios en la composición de la Gasolina, con el objeto de mejorar la calidad del octano, aumentar la producción, el rendimiento y la eficiencia del combustible, o en su caso, introducir mejoras en el medio ambiente. Lo cierto del caso es que todos estos cambios introdujeron e implican ventajas aunque también inconvenientes, tanto para las refinerías como para los automóviles lo que debe ponderarse al momento de valorarlos.

ENERGÍA BIOMÁSICA

Con el uso y dominio de la energía por parte del hombre a través de su historia con el objeto de incrementar su productividad y aumentar su bienestar y calidad de vida, se pasó de las Fuentes de Energía Renovables al empleo cada vez mayor, de las Fuentes de Energía No Renovables, principalmente de los derivados del petróleo.

Esta tendencia ha sufrido especialmente en las tres últimas décadas, un giro radical al reconocerse mundialmente como ya se comentó, que las principales fuentes de energía fósil están en proceso avanzado de agotamiento, con los consiguientes problemas de suministro

y disponibilidad que posiblemente surgirán y se agravarán en el mediano plazo, además del aumento desmesurado de sus precios, lo que ha provocado la búsqueda de nuevas fuentes de energía alternativa para acompañar el desarrollo económico mundial.

La crisis energética ha traído consigo una revisión y revalorización sustancial y profunda de las formas de obtención y empleo de los combustibles tradicionales, despertando un gran (no nuevo pero si renovado) interés en los carbohidratos como fuentes potenciales de materia prima.

Entre esas alternativas viables, se procura hacer uso utilitario de la energía solar vía Fotosíntesis de las plantas, motivo por el cual, la agricultura y con ello su Biomasa, representa la actividad que puede generar las principales y mayores fuentes de Energía Renovable de la Tierra.

Se entiende por Biomasa toda materia agrícola constituida por los microorganismos, las plantas y los animales, incluido el hombre. De acuerdo con FAO (1981), son tres las principales formas de obtener biomasa para utilizarla como fuente de energía: 1) cultivar plantas específicamente con ese propósito, 2) explotar y aprovechar mejor los numerosos recursos actuales de biomasa que existen, y 3) recoger y emplear los subproductos y residuos disponibles.

Complementa y amplía esa Organización al respecto indicando que, *“al elegir las plantas que han de cultivarse específicamente para la producción de energía, los factores más importantes son la captura, con la máxima eficacia, de la luz del sol, y la asimilación del Dióxido de Carbono de la atmósfera”*.

De acuerdo con FAO entre los cultivos más prometedores para la obtención de energía se tienen los siguientes: a) los cultivos alimentarios con elevado contenido de azúcar o de féculas, como la caña de azúcar, la remolacha azucarera, el maíz, la yuca, la piña, el sorgo dulce y la patata; b) los árboles, arbustos y hierbas, especialmente las especies arbóreas de crecimiento rápido, como el eucalipto, el álamo y algunas plantas que contienen caucho y de las que pueden obtenerse maderas duras, como la Euphorbia tirucalli; c) las algas y las plantas acuáticas de crecimiento rápido, como el jacinto y el varec, y d) las plantas de las que pueden extraerse aceites vegetales, como la palma de aceite, el cocotero, la soja, la corona de girasol, el algodón, el rape y el maní.

Agrega que existe además una gran cantidad de biomasa disponible en forma de: a) residuos forestales y de las cosechas; b) subproductos de la agricultura y de la industria de elaboración de alimentos, como la cáscara del arroz, la corteza del coco, el bagazo de caña y los sueros del queso, los materiales que se obtienen de las podas de los huertos, los desechos de las desmotadoras del algodón, y c) otros desechos, como los estiércoles, las basuras urbanas y las aguas fecales.

Como se infiere de la información anterior, la cantidad de alternativas agroindustriales y opciones potenciales de biomasa que existen en el medio para uso energético, son numerosas y relativamente fáciles de obtener. Para obtener combustibles de naturaleza líquida, sólida y gaseosa, así como energía térmica, pueden aprovecharse los procesos

conocidos de transformación y conversión de esa biomasa en energía. La alternativa biomásica puede llegar potencialmente a producir prácticamente todos los materiales y productos obtenidos actualmente de los combustibles fósiles.

¿POR QUÉ ETANOL?

Con motivo de la severa y recurrente crisis energética surgida en el mundo a partir de 1973 y obligados por el fuerte impacto y las graves consecuencias ya comentadas, que las economías de los países sufrieron, hubo países como fue el caso de los EUA, que procuraron y concentraron esfuerzos en identificar otras fuentes energéticas alternativas que pudieran contrarrestar o al menos atenuar el serio problema de disponibilidad y de precios que existía en ese entonces con los combustibles fósiles.

Los impactos negativos que esa falta de petróleo generaban y proyectaban presumiblemente mantener a futuro, hicieron que el Gobierno Brasileño decidiera con gran visión, decisión y capacidad, crear su propio programa de investigación, producción y uso de biocombustibles en el país, con lo cual creó en 1974 el PROÁLCOOL, pujante programa desarrollado con el objetivo fundamental de hacer frente a las sucesivas y recurrentes crisis del petróleo.

Con la aparición del PROÁLCOOL, Brasil introdujo el uso del Alcohol Combustible de forma pionera, hecho que significó y representó una gran innovación en el campo energético y en la tecnología automotriz, mostrando con ello una respuesta de gran altura al enorme desafío que mantenía.

Las agroindustrias brasileñas creyeron, apostaron e invirtieron en el incremento de la producción y la industria automotriz desarrolló complementariamente tecnología apropiada para la producción de vehículos movidos con alcohol. Brasil demostró rápidamente al mundo la viabilidad y la eficacia del nuevo combustible – limpio, barato y renovable, pero sobre todo nacional; lo que le ha generado al país importantes beneficios y un alto grado de autonomía energética.

El programa debe su éxito a una notable sucesión de conquistas tecnológicas en diferentes campos: agrícola, industrial y automotriz, lo que fue auspiciado por el Gobierno con el decidido apoyo del Sector Empresarial Brasileño. Hoy día esa iniciativa esta consolidada y en franco incremento no sólo en ese país, sino también en el mundo.

Por su trascendencia seguidamente se comenta brevemente con carácter informativo, respecto a las tendencias seguidas mundialmente en la producción del Alcohol Etilico, también conocido como Etanol.

Durante el periodo comprendido entre 1945 y los comienzos de la década de los años 70, tiene lugar un cambio profundo en la preferencia de los países productores en favor del Alcohol Etilico obtenido por síntesis a partir del petróleo. Luego de la Segunda Guerra Mundial, los Alcoholes Sintéticos comenzaron a desplazar a los obtenidos por fermentación en todos los usos y aplicaciones industriales. El método clásico y hasta entonces tradicional por fermentación quedaba así relegado a la producción de alcohol para bebidas.

Habiendo sido desplazados los alcoholes obtenidos por fermentación para usos industriales y en circunstancias en las que los mercados para consumo humano se encontraban fuertemente controlados, el precio del Etanol obtenido por fermentación se vio obligado a seguir la tendencia a la baja del precio del alcohol sintético, lógicamente obtenido con un costo significativamente inferior.

En los comienzos de ese periodo las mieles finales (melaza), un subproducto de la industria de la caña de azúcar, aportó el 80% de la materia prima empleada en la producción mundial de Alcohol Etilico. Con la disminución en la producción del alcohol fermentado y con el bajo precio para el alcohol etílico, quedaron disponibles grandes cantidades de mieles disponibles para otros usos, por ejemplo uso pecuario para la alimentación animal.

En términos generales, las características principales que exhibía el Mercado Mundial del Etanol hasta comienzos de la década de los 70 fueron las siguientes:

- La demanda de Etanol como solvente y como un producto químico intermedio, quedaba cubierta con la producción a cargo de las grandes Corporaciones Petroleras.
- Los principales países consumidores tenían una producción suficiente para satisfacer sus demandas internas.
- La demanda de alcohol obtenido por fermentación era limitada (cosméticos, bebidas, productos farmacéuticos) y quedaba cubierta y satisfecha con los recursos de cada país.
- En los países en desarrollo los objetivos de esta industria estuvieron dirigidos a incrementar el desarrollo de industrias locales y al uso integral de los recursos internos.

Los aumentos en los precios del petróleo que tuvieron lugar a partir de 1973 como se comentó con anterioridad, obligaron a una profunda reconsideración que originó un nuevo cambio en los intereses, favoreciendo esta vez nuevamente a los procesos de fermentación para la obtención de Alcohol Etilico a partir de los carbohidratos, como una alternativa considerada para procurar la solución de la crisis energética.

Como consecuencia de los incrementos verificados en el precio del petróleo luego de 1973, la situación de la producción mundial de alcohol experimentó un cambio drástico, cuyas características se resumen así:

- El método de la fermentación se convierte en el más atractivo para la producción de Etanol.
- Se someten a prueba materias primas rentables no convencionales, para la producción de alcohol por fermentación.
- Los países productores de azúcar comienzan a estudiar el incremento en la producción de Etanol, utilizando principalmente derivados de la agroindustria azucarera como materia prima.
- La caña de azúcar surge como la fuente de Carbono más atractiva y eficiente para la producción fermentativa del Etanol.

VENTAJAS DEL ETANOL COMO COMBUSTIBLE

El Etanol es un biocombustible que ofrece grandes ventajas en virtud de sus características físico-químicas, materias primas de origen, costos de producción relacionados y efectos ambientales, entre muchas otras. Seguidamente se anotan algunas de sus ventajas al ser empleado como combustible las cuales fueron señaladas por Bailey (1996); Barreto (1980); Briceño y Calero (2004ab); Calero (2000); Correa (2002, 2003); Chaves (1993, 2003); Sabino (1998); Villena (2003):

1. Disminuye por sustitución parcial o total, cantidades importantes de gasolina y con ello de petróleo importado mejorando la Balanza Comercial.
2. Reduce la importación de Hidrocarburos y con ello su dependencia extrema.
3. El Etanol como biocombustible contrarresta y reduce el impacto de los problemas recurrentes de precios y reservas de Hidrocarburos en periodos de crisis de petróleo.
4. Favorece como materias primas, el uso de recursos naturales renovables nacionales como es el caso de la caña de azúcar, el maíz, el sorgo, la yuca, el camote, el banano, la piña, los tubérculos, la melaza y en general cualquier producto (carbohidrato) fermentable.
5. Genera un ahorro significativo de divisas, las cuales serían empleadas en la importación de Hidrocarburos (Costo de Oportunidad).
6. Promueve y fomenta la reactivación económica y productiva; así como las inversiones nacionales en la zona rural, particularmente en el Sector Agropecuario.
7. Establece una Agrocadena donde se integran varios eslabones Público-Privados importantes, que incluye sectores: Energético-Agrícola-Industrial-Social-Ambiental-Económico.
8. Se fomenta el comercio y el empleo rural en zonas deprimidas, contrarrestando la migración hacia los centros de población urbana. Puede operar también impulsando regiones nuevas con potencial agroindustrial.
9. Favorece la integración, articulación y concertación de intereses de los Sectores Público-Privados alrededor de una iniciativa (Megaproyecto) de alcance estratégico nacional, como es la vinculada con los Sectores Energético y Ambiental.
10. Fortalece y fomenta el Desarrollo Científico y Tecnológico en todos sus alcances.
11. Incorpora Valor Agregado a derivados de origen agroindustrial (ej. Melaza).
12. Aprovecha la Capacidad Industrial Instalada disponible en el país, reduciendo la capacidad ociosa existente, optimizando con ello el uso de los recursos.
13. Integra y aprovecha la significativa e importante experiencia, el talento y el recurso humano existente en el país en materia agroindustrial y de producción de caña de azúcar y de Etanol; así como potencialmente de otras opciones agrícolas.
14. Nueva Infraestructura es construida e incorporada a la producción y elaboración.
15. El uso del Etanol como carburante contribuye a reducir la polución y contaminación ambiental (atmosférica), especialmente en los centros urbanos.
16. Contribuye al mejoramiento de la salud y la calidad de vida de la población.

17. Sustituye y elimina el empleo del MTBE como aditivo de las Gasolinas de uso nacional, con los consecuentes beneficios ambientales, económicos, técnicos, energéticos y de salud pública.
18. Genera emisión de gases menos tóxicos respecto a la Gasolina No Oxigenada. Disminuye los Gases de Efecto Invernadero (CO₂), las emisiones de Monóxido de Carbono (CO), los Óxidos de Sulfuro y Óxidos de Nitrógeno (NO_x) liberadas a la atmósfera; así como favorece también una disminución de los Sólidos en Suspensión.
19. El Octanaje y la calidad de las Gasolinas se aumenta y mejora, por lo que tiene una alta potencia como combustible. El Etanol tiene mayor número de Octanos respecto a la Gasolina No Oxigenada.
20. Complementa y puede potencialmente mejorar comparativamente los precios que perciben las actividades agroindustriales implicadas en la producción y procesamiento de la materia prima.
21. Su relación con el Efecto Invernadero es nula.
22. Posee un alto grado de solubilidad y miscibilidad con la Gasolina.
23. Es un combustible líquido que por su valor calórico es adecuado para emplearlo en vehículos automotores.
24. La tecnología automotriz ha logrado incorporar las adaptaciones necesarias a los automóviles, lo que permite el empleo del Etanol sin perjuicios colaterales significativos.

LIMITANTES DEL ETANOL COMO COMBUSTIBLE

Como cualquier otra fuente energética, al Etanol se le distinguen, identifican y atribuyen algunas deficiencias de índole funcional y mecánico que presuntamente limitan o perjudican su empleo como biocombustible, tanto en forma pura o en mezcla con la Gasolina. Entre esas limitantes pueden citarse como más relevantes las siguientes:

1. Su producción se dice que esta directamente ligada y es dependiente de los Precios Internacionales del Azúcar, al menos en el caso actual de Costa Rica.
2. Con base y sustentados en la misma razón anterior, se aduce que podrían eventualmente presentarse por causa de la aparición de mejores opciones comerciales (¡y de precios!) alternativas (competencia), dificultades en la producción, la disponibilidad, el suministro y el precio del Etanol para uso combustible. Podría crearse por ello, una dependencia alterna a partir de la Agroindustria Azucarera.
3. La capacidad productiva de Etanol Anhidro en el país se considera que es limitada e insuficiente para poder atender y satisfacer las necesidades nacionales actuales y futuras, requeridas por un proyecto de esta magnitud.
4. Se argumenta que la iniciativa y posibilidad de mezclar Gasolina con Etanol “*es un proyecto hecho y diseñado a la medida del Sector Azucarero Costarricense, que beneficiará exclusivamente algunos Ingenios y grupos poderosos en particular*”.

5. El Precio de la mezcla de Etanol con la Gasolina para uso público, implicará un incremento en el Precio de los combustibles que recaerá y afectará al consumidor en beneficio de apenas unos pocos.
6. Si bien se acepta que el Etanol contamina menos que el MTBE al mezclarse con la Gasolina, también se reconoce que siempre se genera algún grado importante de polución atmosférica durante el periodo de zafra; sobre todo si las plantaciones de caña que dan origen a la materia prima a partir de donde se obtiene el Alcohol son quemadas durante su cosecha, lo que anula su aporte y beneficio ambiental.
7. Durante el proceso fabril de destilación y obtención del alcohol se generan líquidos residuales (Vinazas y Aguas de Condensación) de muy mal olor y con una elevada capacidad de contaminación ambiental, debido a su alto grado de DBO y DQO, afectando con ello la Salud Pública y el Ambiente.
8. La operación y funcionalidad general de los vehículos es inferior a la tradicional mezcla combustible utilizada actualmente (Gasolina + MTBE), limitando con ello su eficiencia, lo que significa una pérdida para el usuario.
9. Los vehículos no están estructural y mecánicamente preparados y adaptados para operar con mezclas de Gasolina con Etanol.
10. Altos contenidos de Etanol o en su caso el empleo de combustibles adulterados puede provocar serios daños mecánicos a los vehículos.
11. El alto grado de solubilidad y afinidad que existe entre el Etanol y el agua pueden inducir problemas en la operación de los vehículos, al provocar separación de fases en los tanques de depósito.
12. La misma condición anterior genera fuerte hidratación en los tanques de las plantas expendedoras (bombas) de Gasolina, afectando con ello la calidad y la eficiencia de los combustibles empleados por los usuarios.
13. Por su composición química el Etanol puede provocar algún grado importante de Oxidación en partes de los vehículos automotores. Se dice que el Etanol es Corrosivo, lo que demanda cambios de metalurgia en altas cantidades. Se argumenta que por esta razón en Brasil se utilizan motores de plástico.
14. Al ocurrir combustión de la mezcla Gasolina-Etanol, se producen y emiten a la atmósfera sustancias (Aldehídos) peligrosas para la salud.
15. La alta Volatilidad del Etanol Anhidro puede afectar negativamente la eficiencia de la mezcla Gasolina-Etanol.
16. Las bajas temperaturas propias de condiciones topográficas de altura, reducen la capacidad y eficiencia de tracción de los vehículos que empleen Etanol.
17. Se dice que el Etanol posee un 33% menos de Densidad de Energía por litro de Gasolina, lo que exige un consumo mayor de combustible.
18. El mantenimiento de los vehículos que emplean Etanol puede elevarse y con ello los costos implicados.
19. No es conveniente emplear altos porcentajes de Etanol en mezcla con la Gasolina pues afecta los vehículos.
20. El Alcohol obstruye y taponea las tuberías de los vehículos provocando problemas en su normal operación, que provocan baronazos continuos.
21. El incremento verificado en el Octanaje de la Gasolina es poco significativo y no compensa el esfuerzo implicado en adicionar Etanol carburante.

22. Si el uso del Etanol es tan favorable como se dice para mezclarlo con la Gasolina ¿Entonces porqué muchos técnicos y mecánicos de automóviles opinan que más bien deteriora el rendimiento del vehículo?
23. ¿Es cierto que el Etanol en la Gasolina genera olores que afectan a los ocupantes del vehículo?

COMENTARIOS RESPECTO A LAS LIMITANTES DE EMPLEAR EL ETANOL COMO COMBUSTIBLE

Por la importancia y trascendencia que el asunto tiene para el país, y con el propósito de informar y ofrecer una visión más objetiva y realista del potencial que ofrece el Etanol como alternativa energética, para ser empleado como combustible en nuestros vehículos automotores, seguidamente se aportan algunos elementos y realizan algunos comentarios generales y específicos que pueden contribuir a entender mejor el tema tratado. Cabe señalar que dichas respuestas son basadas en lo que el autor conoce y ha podido complementariamente recabar a partir de la información internacional. Las respuestas que se adjuntan pueden ser o no compartidas, pero lo cierto es que simplemente pretenden abrir un saludable espacio para entender mejor el tópico y contrarrestar las posiciones contrarias que muchas veces sin argumentos válidos, se emiten por parte de detractores de esta opción energética. Los comentarios se realizarán siguiendo el mismo orden en que se anotaron las limitantes en la sección anterior:

1. Esta situación acontece debido a que la producción y comercialización de Alcohol ha sido tradicionalmente operada en el país con el objeto de Incorporar Valor Agregado a la Melaza, y generar con ello, un ingreso complementario a la Agroindustria Azucarera en periodos de bajos precios del azúcar en los Mercados Internacionales. En realidad se ha actuado con una visión de oportunidad y necesidad comercial. Esta visión ha venido sin embargo cambiando en los últimos años, en virtud del cambio positivo que han mostrado los demandantes y el mercado del alcohol en el mundo. Hay que reconocer que el Alcohol Anhidro con fines carburantes está ganando rápidamente espacios comerciales y tecnológicos en el mundo, consolidándose como una opción real. No puede por tanto juzgarse con criterios pasados el comportamiento futuro. La adopción de un Programa Nacional de Alcohol Carburante en el país, implicaría una orientación diferente a la forma en que se ha actuado en el pasado.
2. La duda como tal puede ser cierta pero el argumento empleado como limitante para operar la iniciativa es inválido e incorrecto, en virtud de que un Megaproyecto de esta magnitud e importancia resulta estratégico para el país, motivo por el cual la producción del Etanol requerido para mezclar con la Gasolina debe regularse mediante la suscripción de Contratos Público-Privados de Suministro que aseguren la disponibilidad, determinen las condiciones, puntualicen los compromisos y fijen los plazos y precios del producto, independientemente de otras consideraciones que pudieran intervenir, sean éstas de naturaleza comercial, productiva, tecnológica, ambiental, etc. El Sector Azucarero Costarricense ha demostrado con sus actuaciones durante sus 64 años

continuos de vida institucional (1940-2004), contar con la organización, la experiencia, la madurez, la seriedad y la capacidad para desarrollar iniciativas y cumplir compromisos de esta magnitud. Es importante indicar también que el Sector Azucarero cuenta complementariamente con los activos suficientes que garanticen transacciones de esta naturaleza y magnitud. La relación LAICA-Estado deben ser transadas, reguladas y supervisadas bajo los principios jurídicos y contractuales que median en estas materias en el país.

3. De acuerdo con estimaciones realizadas por la Refinadora Costarricense de Petróleo (RECOPE) y que se anotan el Cuadro 1 adjunto, el país requeriría suponiendo una sustitución (mezcla) del 10% en el total de las Gasolinas de uso popular (Regular + Súper), una cantidad creciente que va de 23,81 millones de galones de Etanol para el año 2005 hasta 27,60 millones de galones en el 2010.

Cuadro 1

CONSUMO ESTIMADO DE GASOLINA Y ETANOL EN COSTA RICA

AÑO	REGULAR	SUPER	TOTAL ^{1/}	ETANOL ^{2/}
2005	131,6	106,5	238,1	23,81
2006	136,8	110,2	246,9	24,69
2007	142,1	111,7	253,8	25,38
2008	147,7	114,0	261,7	26,17
2009	153,5	115,0	268,5	26,85
2010	159,5	116,5	276,0	27,60

Fuente: Chaves Solera (2003)

1/. Estimación media de RECOPE dada en Millones de galones.

2/. Se estimó suponiendo una sustitución del 10%, en Millones de galones.

La capacidad actual de producción de Alcohol por parte de la Agroindustria Azucarera Nacional sin incorporar cambios ni mejorar e incrementar infraestructura de destilación, ronda aproximadamente los 11 Millones de galones anuales, lo que sería de acuerdo con las estimaciones de consumo indicadas, apenas suficiente para cubrir las necesidades para mezclar con la Gasolina Súper. Esta situación conduce en el caso particular del Sector Azucarero a dos alternativas viables: 1) Mejorar eficiencias, adecuar Capacidad Instalada e incrementar infraestructura de procesamiento y destilación y, 2) Buscar nuevos socios que complementen la producción de Etanol, los cuales no necesariamente deben proceder o pertenecer a la Agroindustria Azucarera, para lo cual se habla de opciones como el sorgo, el maíz, etc. La viabilidad de la primera alternativa va precisamente vinculada y en función directa de la naturaleza y alcance de los Contratos de Suministro y condiciones que puedan suscribirse con el Gobierno de la República. La segunda correspondería al interés privado y a la participación y espacios que el Estado brinde a otros grupos asociativos o individuales para participar como oferentes en el suministro de Etanol.

La capacidad productiva de alcohol carburante es potencialmente viable aumentarla sustancialmente en el mediano plazo, para satisfacer a plenitud las necesidades del mercado nacional, lo que dependerá como se indicó, de las condiciones contractuales establecidas.

4. El Sector Azucarero Costarricense se integra y compone actualmente (Zafra 2003-2004) de un total de 8.602 participantes directos de la actividad debidamente registrados, entre productores, entregadores y procesadores de materia prima (caña) reconocidos de acuerdo con lo establecido por la Ley Orgánica de la Agricultura e Industria de la Caña de Azúcar N° 7818 del 22 de setiembre de 1998, la cual regula la actividad. Entre esos participantes hay un total de 8.548 (99,37%) agricultores reconocidos como Productores Independientes según la legislación mencionada. Complementariamente hay 38 (0,44%) entregadores mayores de 5.000 TM; además de 16 (0,19%) unidades activas de procesamiento de caña y fabricación de azúcar (Ingenios), los cuales son jurídicamente reconocidos como Productores No Independientes. Dichos Ingenios están distribuidos y ubicados en 6 regiones agrícolas plenamente caracterizadas y diferenciadas: Guanacaste (3), Puntarenas (1), Valle Central (6), San Carlos (3), Turrialba-Jiménez (2) y Zona Sur (1); de ese total de Ingenios, 4 (25%) corresponden a Cooperativas. La Estructura Operativa, la Conformación Institucional y el Marco Jurídico del Sector donde participan en su Junta Directiva Corporativa dos Ministros de Estado (Agricultura y Ganadería y Economía), aseguran una distribución equitativa de los beneficios alcanzados por la agroindustria del azúcar y sus derivados, entre ellos las ventas de Etanol. Dicho beneficio va en proporción directa a la participación relativa de cada integrante, sea este productor (Independiente) o Ingenio (No Independiente), en concordancia con lo establecido por las leyes nacionales. Lo cierto del caso es que la Agroindustria Azucarera ha producido Alcohol en forma casi continua desde la zafra 1979-80, hace 25 años, cuando el Ingenio CATSA entonces Estatal y perteneciente a la Corporación Costarricense para el Desarrollo S.A. (CODESA) produjo 2,5 millones de litros, a las cuales se unió posteriormente el Ingenio TABOGA al instalar en el año 1984 una Destilería Anexa al Ingenio. La excelente opción e impulso a las exportaciones que ofrecía la **Iniciativa de la Cuenca del Caribe (CBI)**, hizo que en 1984 LAICA instalara complementariamente una Columna Deshidratadora asociada a otra Rectificadora de Alcohol en Punta Morales. Es en febrero de 1985 cuando se realizan las primeras exportaciones de alcohol a los EUA (Florida), empleando para ello la recién acondicionada Terminal Portuaria de Punta Morales, provincia de Puntarenas (Chaves, 1993). Toda esta información y argumentación procura sustentar varios aspectos importantes para responder con fundamento a esa pregunta, como son: 1) la producción de alcohol no es una actividad nueva ni desconocida para la Agroindustria Azucarera Costarricense, pues forma parte de sus actividades habituales desde hace 25 años, por lo que su participación no es novedosa, ocasional ni oportunista; 2) el Sector Azucarero cuenta con la infraestructura necesaria, la experiencia acumulada (nacional e internacional), el personal idóneo, el Marco Jurídico y la Estructura Regulatoria y de control adecuada (Ley N° 7818) para operar con equidad en esta materia, de conformidad a como se estime conveniente y justo; 3) la representación y participación en los beneficios percibidos por el sector y sus participantes, van en un alto grado en proporción de su esfuerzo, grado de

inversión y aceptación del riesgo; 4) la aceptación y participación de la Agroindustria Azucarera en una iniciativa (Megaproyecto) de esta magnitud, obligará necesariamente a establecer nuevos principios y regulaciones en todos los ordenes, claro está, con la participación reguladora y orientadora directa de parte del Estado; 5) la posibilidad de participar como oferente de Etanol al Estado, estaría de acuerdo con la legislación vigente, abierta a cualquier grupo asociativo o inversionista que cumpla y satisfaga las condiciones y regulaciones que en este caso establezca el Gobierno a través de RECOPE y la Autoridad Reguladora de los Servicios Públicos (ARESEP).

5. Esa aseveración no es acertada, pues precisamente lo que la iniciativa pretende y el Decreto Ejecutivo N° 31087 MAG-MINAE del 06 de mayo del 2003 aún vigente, establece como marco de principios generales, es no trasladarle ningún costo extra al consumidor, el cual no se vería por ello afectado en cuanto al precio del combustible (Chaves, 2003). En virtud de su determinante participación y consecuencias directas sobre los Servicios Públicos, es importante recordar que los Precios de los Combustibles para el distribuidor y el consumidor, son definidos y autorizados por parte de la ARESEP, ente público oficial con Marco Jurídico propio y autónomo para cumplir esa función. La fijación de los Precios del combustible no es por tanto una atribución ni potestad del Sector Azucarero.
6. Resulta cierto e incuestionable que la quema de las plantaciones de caña para su cosecha, libera cenizas y CO₂ a la atmósfera que contribuye en algún grado al Calentamiento Global del Planeta; sin embargo, cabe señalar también que la cantidad liberada es puntual y limitada, pues se realiza exclusivamente durante la práctica de cosecha de la plantación cada año (o más). Complementariamente, esa plantación pasa durante todo su Ciclo de Desarrollo Vegetativo (entre 12 y 24 meses según altitud y localidad), capturando y retirando (secuestrando) Carbono (CO₂) de la atmósfera y liberando Oxígeno (O₂) al medio, todo con un saldo muy positivo y favorable que contrarresta y contribuye de forma importante con la eliminación del Calentamiento Global. En términos de Balance Energético y de Gases esta realidad es perfectamente demostrable, como lo hicieron Montenegro y Abarca (2001) para el caso de Costa Rica, lo que los llevó a concluir lo siguiente: *“Por lo tanto, se recomienda incluir esta actividad (la caña de azúcar) agrícola dentro de los planes para el Pago por Servicios Ambientales por fijación de carbono, similares a los ofrecidos al sector forestal,…”*. Siendo positivos y consecuentes con el punto, podría perfectamente condicionarse que la materia prima que de origen al Etanol en el caso de la caña de azúcar, no se queme durante su cosecha, en concordancia con el bienestar ecológico y ambiental.
7. Entre los residuos que se generan en la fabricación del Etanol, se tienen las Vinazas y las Aguas de Condensación, las cuales por su naturaleza y composición química pueden y vienen siendo empleadas como fertilizantes en los campos de caña, en virtud de su importante aporte orgánico y mineral que incorporan al suelo (Chaves Solera, 1985, 1993, 2003; Gnecco, 2003; Quintero, 2003). La investigación, los métodos de aplicación, distribución y el manejo de estos residuos líquidos ha venido adaptándose y mejorándose mucho en los últimos años, como complemento al

dinámico desarrollo de la industrialización y uso del alcohol a nivel mundial, motivo por el cual, esos residuos se convierten en importantes insumos para la producción, que han superado en mucho el concepto tradicional de “problema”, lo que tampoco significa ni implica que su manejo sea fácil, barato y sencillo. Su elevado contenido de potasio, posibilita la obtención de K_2O para incorporar en los y como fertilizante. De acuerdo con las características físico-químicas del suelo (Dystróficos) y el lugar donde se ubique la destiladora, las vinazas pueden constituirse en importantes factores de la producción, debido a su capacidad nutricional. Desde que se produce alcohol en Costa Rica estos residuos han existido y han debido ser manipulados y manejados por las empresas vinculadas, lo que como se señaló, ha generado experiencia y enseñanza, por lo que también vienen siendo controladas y reguladas por parte de las Instituciones especializadas de control ambiental existentes, como es el caso del Ministerio de Salud Pública.

8. En principio hay que entender que la Gasolina no es una sustancia químicamente pura, por lo que No Hay Gasolina Pura, sino que más bien es una mezcla compleja de compuestos (aproximadamente 260) que varían ampliamente en sus propiedades físico-químicas. La Gasolina debe cubrir y satisfacer una amplia diversidad de condiciones operacionales, como las variaciones en los circuitos de carburante, las temperaturas del motor, las bombas de carburante y la presión del carburante. Complementariamente se deben cubrir diferentes climas, altitudes y condiciones diversas de manejo, las cuales en zonas tropicales como las nuestras pueden ser diferentes en todas esas variables. Las Gasolinas pueden en principio ser equilibradas para brindar rendimientos y eficiencias del motor satisfactorias. De acuerdo con las experiencias internacionales, podrían existir condiciones (naturales y otras) que de no controlarse pueden inducir problemas en la eficiencia de los motores, tal es el caso del grado de hidratación del medio, el efecto de las temperaturas extremas, la mala calidad de los combustibles, los problemas mecánicos de los vehículos, la falta de mantenimiento general, etc. El Etanol presenta en principio la capacidad potencial de oxigenar la Gasolina de manera tan eficiente como el Metil-Ter-Butil-Éter, mejor conocido como MTBE, por lo que no debieran existir razones diferenciales atribuibles a su naturaleza química. Debe tenerse en cuenta de todas formas, que la economía en la operación de un vehículo, esta determinada en un alto grado por la relación existente entre el Octanaje de la Gasolina y el desempeño del mismo vehículo. En su mayoría los motores de los vehículos se diseñan en función de un tipo específico de combustible, por lo que al modificarse este, el rendimiento será por lo general inferior al óptimo teórico. El desempeño de un motor es según Briceño y Calero (2004b), intervenido y afectado en forma directa por varias propiedades físico-químicas como el Calor de Vaporización, la Densidad de Energía, la relación molecular de los Reactantes a los Productos de la Combustión, la Energía Específica, los Límites de Inflamabilidad, la Velocidad y la Temperatura de Flama, el Contenido de Hidrógeno y el Carbón, entre otros.
9. Esta aseveración no es correcta en el tanto la mezcla Gasolina-Etanol se realice en los porcentajes permisibles recomendados por los fabricantes, quienes con el objeto

de informar y orientar a los propietarios de vehículos sobre la calidad y los componentes del carburante, incluyen declaraciones en sus Manuales del Usuario, sobre el Octanaje y los componentes del carburante como son los alcoholes, éteres y, en algunos casos, aditivos detergentes. Mientras el Octanaje es una recomendación directa y exacta, ha surgido alguna confusión en el empleo de los compuestos oxigenados; lo que se da, en parte, debido a que los consumidores y en muchos casos los técnicos mecánicos responsables de realizar las reparaciones, desconocen o no comprenden la diferencia entre el Etanol de reconocido y comprobado uso, y el Metanol, cuyo empleo como carburante esta a menudo desaprobado (RFA, 1996). En la actualidad, todos los fabricantes de automóviles aprueban el uso de carburantes oxigenados, cuyo grado varía con el fabricante. En virtud de que prácticamente todos los fabricantes de vehículos están ampliamente a favor del uso de compuestos oxigenados y de Gasolinas Reformuladas, consideran redundante y poco utilitario incluir información en ese sentido. El Cuadro 2 adjunto lista la mayoría de fabricantes que venden vehículos en los EUA, incluyendo la posición y recomendación de cada uno de ellos con respecto al uso del Etanol, el MTBE y el Metanol. Además se advierte sobre el uso de oxigenados o aditivos, la utilización de RFG y Gasolinas Detergentes.

Cuadro 2

Recapitulación de recomendaciones sobre carburante de los fabricantes de automóviles (basada en los manuales del usuario de los modelos 1995)

Fabricante	Aprueba el etanol	Aprueba el MTBE	Límites de metanol aprobados*	Lenguaje de advertencia para los oxigenados	Recomienda o aprueba la RFG	Recomienda la gasolina detergente	Advertencias sobre utilización de aditivos del mercado secundario
Chrysler	sí	sí	no	x	sí	sí	sí
Ford	sí	sí	5%	(1)	sí	sí	x
GM	sí	sí	5%	x	sí	sí	x
BMW	sí	sí	3%	x	x	sí	x
Honda/Acura	sí	sí	5%	x	x	x	x
Hyundai	sí	sí	no	(1)	x	sí	x
Isuzu	sí	x	5%	(2)	x	x	x
Jaguar	sí	sí	3%	(1)	x	x	x
Mazda	sí	x	no	(1)	x	x	sí
Mercedes Benz	sí	sí	3%	x	x	sí	sí
Mitsubishi	sí	sí	no	x	sí	sí	x
Nissan/Infiniti	sí	sí	5%	(1)	sí	x	sí
Porsche	sí	sí	—	(1)	x	x	x
Range Rover	sí	sí	5%	x	sí	sí	x
Rolls Royce	sí	sí	3%	x	x	x	x
Saab	sí	sí	5%	x	sí	sí	x
Subaru	sí	sí	5%	x	sí	sí	x
Suzuki	sí	sí	5%	(1)	sí	x	x
Toyota/Lexus	sí	sí	5%	(1)	x	sí	x
Volkswagen/Audi	sí	sí	3%	(1)	x	sí	sí
Volvo	sí	sí	no	x	x	x	x

* Requiere iguales cantidades de cosolventes más el uso de inhibidores de corrosión en el carburante

(1) Lenguaje de advertencia leve (2) Lenguaje de advertencia fuerte x No se hace referencia en el manual del usuario

Fuente: Renewable Fuels Association (1996).

La Información del Cuadro anterior esta basada en una revisión de las secciones de recomendación sobre carburantes de vehículos Modelo 1995. No se menciona ningún Modelo en particular, debido a que las recomendaciones sobre carburantes son generalmente consistentes para toda la línea de productos del fabricante. Como puede verificarse, todos los fabricantes aprueban el uso del Etanol por mención específica y todos menos dos, Isuzu y Mazda, aprueban el MTBE por mención específica. Considerando que desde 1995 ya las empresas fabricantes de vehículos aceptaban el empleo del Etanol como carburante, es lógico pensar que para los momentos actuales esa tecnología esta totalmente validada y aceptada. De acuerdo con la información internacional, desde antes de 1980 los Modelos de vehículos aceptan el Etanol en mezcla con la Gasolina, por lo que puede aceptarse que están estructural y mecánicamente preparados para operar con la mezcla (RFA, 1996). Estudios y evaluaciones hechas en Brasil (Corrêa, 2003) por fabricantes y ensambladores de vehículos, donde se valoraron mezclas en diferentes proporciones de Alcohol Etilico-Gasolina y Metanol-Etanol-Gasolina, concluyeron que con excepción de un porcentaje muy pequeño de vehículos de modelos anteriores a 1970, no se han presentado problemas ni ha sido necesario hacer mantenimiento correctivo o acondicionamiento especial en los vehículos que emplean la mezcla Alcohol-Gasolina (Gasohol) como combustible; además de esos ensayos, la larga experiencia comercial de la mezcla ha ratificado también esos resultados. Debe sin embargo aceptarse y dejar abierta la posibilidad, de que vehículos de modelos muy viejos podrían eventualmente tener algunos problemas de funcionamiento en razón de su antigüedad. Como parte del procedimiento seguido para lograr la aprobación de la EPA en los EUA, las empresas fabricantes valoraron materiales empleados en los circuitos de carburante de los vehículos para uso con componentes del carburante oxigenado. Los circuitos de carburante de vehículos de modelos 1980 y posteriores, mayoritariamente utilizan materiales compatibles con Gasolinas oxigenadas y ricas en aromáticos. Los circuitos de carburante anteriores a 1980 y, en especial los anteriores a 1975, pueden contener materiales sensibles a las altas concentraciones de aromáticos, éteres o alcoholes. Ampliando en esta materia, la RFA (1996) reconoce que aunque los fabricantes de automóviles garantizan el uso de mezclas al 10% de Etanol y Gasolinas con MTBE, la actualización de sus circuitos de carburante se produjo en distintos momentos. En general, los modelos de los años 80 y posteriores no deberían tener problemas con el uso de mezclas del 10% de Etanol o Gasolina con MTBE. Los circuitos de carburante de los modelos de 1975 a 1980 fueron actualizados, pero no en igual medida que los modelos posteriores. Los modelos previos a 1975 pueden como se indicó, tener componentes de circuitos de carburante sensibles a Gasolinas muy aromáticas, alcoholes y éteres. Se considera que muy a menudo falta documentación, información y conocimiento específico sobre el efecto de los componentes del carburante en las piezas de circuitos de carburantes más antiguos. Los técnicos que cambien piezas en vehículos de modelos anteriores a 1980, deberían como principio razonable y saludable, comprobar que las piezas de recambio sean resistentes a dichos componentes del carburante (RFA, 1996).

10. Tal como se comentó en el punto anterior, existe aceptación general de parte de los fabricantes de vehículos para utilizar sin problema alguno la mezcla de Gasolina-

Etanol, las cuales pueden llegar hasta el “Motor de Alcohol Brasileño”, el cual opera 100% con Alcohol (Etanol) Carburante. Por esta razón, el % de mezcla aceptado puede ser muy variable entre modelos y motores, aunque en todos los casos con aceptación general de porcentajes prudenciales de hasta un 10% por volumen (10% Alcohol Etilico, 90% de Gasolina Sin Plomo). No es por tanto esperable daños mecánicos por esta razón. El empleo de combustibles adulterados, presumiendo que adulteración no es equivalente a Oxigenación o RFG, corresponde a una situación anormal e ilegal que se sale de las recomendaciones y regulaciones técnicas que para la materia existen, por lo que ni siquiera cabe su comentario.

11. La alta solubilidad y elevada afinidad química que poseen los Alcoholes (Etanol) y los Éteres en relación al agua en virtud de su estructura molecular (sustitución de uno de los dos átomos de H del H₂O por radicales hidrocarbonados), puede efectivamente generar problemas en la operación del motor. Debe tenerse presente que el agua es un acompañante obligado de las mezclas Gasolina-Etanol, debido a la fuerte afinidad que existe entre ambas sustancias; el Etanol es altamente Higroscópico. El MTBE por su parte es un compuesto ligeramente soluble en agua por lo que puede incrementar de forma poco significativa (menor al Etanol) la retención de agua en la mezcla. Los alcoholes al ser más solubles en agua que el MTBE, pueden aumentar la capacidad de retener agua de la Gasolina. El agua en la Gasolina puede tener diferentes efectos sobre un motor, según esté en solución o en fase separada. La Gasolina hidrocarbonada no puede retener demasiada agua pues rápidamente se separa, por lo que siendo más pesada que la Gasolina se va al fondo del tanque, arrastrando en ese proceso también una fracción del Etanol. La RFA (1996) señala al respecto, que un galón de Gasolina compuesto únicamente por hidrocarburos puede retener sólo 0,15 cucharaditas de agua (a 60,5 °F) antes de que el agua se separe. Una mezcla con un 15% de volumen de MTBE puede retener unas 0,45 cucharaditas de agua a 60,5 °F antes de que el agua se separe. En el caso de una mezcla de Gasolina con un 10% de volumen de Etanol, se requerirían casi 4 cucharaditas de agua antes de que se produzca la separación de fases. Por lo tanto, en las operaciones de rutina, los oxigenados tienen mayor probabilidad de suspender la humedad y sacarla del circuito de carburantes no oxigenados. Es cierto además, que la tolerancia de la mezcla Gasolina-Etanol al agua se reduce cuando la temperatura disminuye. Debe tenerse en cuenta, que el control de la humedad (agua) es uno de los requisitos y condicionantes que la mezcla Gasolina-Etanol impone obligadamente para su uso, razón por la cual, resulta necesario valorar, controlar y aprender a manejar el factor humedad. Si se permite que llegue agua a los tanques de los vehículos se producirán consecuentemente fallas operativas en el motor, pues el Etanol migra hacia la fase acuosa disminuyendo el Octanaje de la Gasolina; puede producir además corrosión en todo el sistema de admisión de combustibles de los motores si no se utilizan Inhibidores de Corrosión eficaces. El contenido de agua permisible en la mezcla Gasolina- Etanol es de un Máximo de 400 ppm. Este control debe ejercerse en tres niveles: 1) el tanque de los camiones que transportan y distribuyen la mezcla para suplir a las Estaciones de Servicio (bombas), 2) los tanques de depósito y almacenamiento de dichas Estaciones, y 3) el tanque de los vehículos

automotores. La tecnología a desarrollado sistemas operativos efectivos para controlar el ingreso y también para contrarrestar la humedad en los tanques de Gasolina del vehículo, mediante el empleo de aditivos especiales que evitan la formación y separación de las fases Etanol + Agua – Gasolina. La adición de pequeñas cantidades (1%) de Alcoholes de mayor peso molecular tales como Isopropanol y Alcohol Terbutílico, minimizan el problema de tolerancia al agua. Debe considerarse que el agua es un compuesto puro, en tanto que la Gasolina como se indicó con anterioridad, es una mezcla compleja de más de 260 compuestos diferentes; el Etanol Anhidro por su parte, es un compuesto relativamente puro (99,5% mínimo de Etanol, 0,2% de agua y 0,3% de otros contaminantes. Lo cierto del caso es que un Programa de Alcohol Carburante debe obligatoriamente contemplar y resolver esta situación, pues caso contrario representa una limitante real.

12. El punto anterior comenta y da respuesta a la misma inquietud, sin embargo es bueno tener presente las siguientes relaciones de solubilidad:

- El Etanol y Gasolina son sustancias completamente miscibles.
- El Agua y el Etanol son también completamente miscibles.
- La Gasolina y el Agua no son miscibles.
- El Etanol es un Cosolvente de los Hidrocarburos Aromáticos.
- El Etanol es por tanto muy afín con el Agua.
- El Benceno es el Hidrocarburo de la Gasolina más soluble en Agua.

A partir de las relaciones anteriores se infiere que las mezclas de Gasolina-Etanol tienen problemas por su baja tolerancia al agua. Entre menos proporción de Etanol exista en la mezcla, menor resultará también el grado de tolerancia al agua. Es importante evitar el ingreso del agua al sistema, pues las acciones para retirarla se tornan posteriormente más difíciles y onerosas de realizar. Para comprobar la posible contaminación con agua, debe sacarse una muestra de carburante del fondo del tanque de Gasolina del vehículo; luego extraer también una muestra de la sección superior del mismo tanque. Si hay agua, la diferencia entre las muestras debe ser perceptible y observable. Ante la duda, puede adicionarse un colorante soluble en agua pero no en Gasolina, el cual indicará la presencia de agua en el medio. Aparentemente el problema de infiltración de agua en los tanques de las Estaciones de Servicio en Costa Rica es grave y limitante para operar un Programa de Alcohol Carburante en el país, motivo por el cual este factor debe ser muy tomado en cuenta y resuelto satisfactoriamente si se decidiera operar e impulsar una iniciativa en esa orientación.

13. El Etanol es en principio por estructura química (Puentes de H) un buen Conductor de Electricidad, razón por la cual puede inducir bajo condiciones favorables procesos de Corrosión, los que se ven muy favorecidos cuando hay presencia de agua en el medio. Los fabricantes de vehículos señala la RFA (1996), han indicado que no tienen mayores inquietudes sobre la corrosión del metal, siempre que todos los carburantes contengan inhibidores de corrosión eficaces. Los productores de Etanol responsables admiten que no todas las Gasolinas comerciales están

adecuadamente tratadas para mezclar con alcohol, por lo que durante un tiempo incluyeron inhibidores de corrosión en su Etanol. Actualmente existen especificaciones y controles en materia de mezclas de Etanol con las Gasolinas, por lo que no deberían surgir problemas de corrosión asociados al uso del Etanol. Los fabricantes de automóviles y autopartes han sabido responder oportunamente a los cambios que se producen en las características de las Gasolinas actuales. Es menos probable que haya problemas con los materiales de vehículos más nuevos debido a la actualización de los materiales de los circuitos de carburante, tras la introducción de Gasolinas sin Plomo con más contenido de aromáticos y la adición de alcoholes y éteres.

14. Señalan Briceño y Calero (2004a) sobre este asunto, que durante la combustión de la Gasolina se producen emisiones constituidas a base de compuestos de azufre, olefinas y aromáticos, incluyendo benceno e hidrocarburos poliaromáticos, las cuales cuando se utiliza Etanol son por lo general muy bajas. Agregan que las emisiones de combustible no quemado consisten principalmente en Etanol y Aldehídos. Los Aldehídos producidos por los combustibles tradicionales corresponden en un 85% a Acetaldehído y en un 14% a Formaldehído. En el caso del Etanol las emisiones de Aldehídos son por lo general de 3 a 4 veces más altas que en la Gasolina, siendo sin embargo constituidas casi exclusivamente a base de Formaldehídos, los cuales son menos reactivos fotoquímicamente y con ello menos tóxicos. En esta materia no importa sólo el Cuánto? sino principalmente el Qué?
15. La Gasolina se mide en forma líquida por los inyectores de carburante (o carburador), y mezclada con el aire y atomizada antes de entrar en los cilindros. Por esta razón, es muy importante controlar la tendencia de un carburante a evaporarse. La capacidad de un carburante de vaporizarse o pasar de estado líquido a vapor se conoce como Volatilidad. La Volatilidad del combustible es una propiedad física de las Gasolinas muy importante para el desempeño técnico y ambiental de los motores de encendido de chispa. Los combustibles poco volátiles causan dificultades en el encendido del motor y baja respuesta a la aceleración; poseen por lo general un arranque pobre en frío, bajo rendimiento de calentamiento y disminución de la eficiencia en climas fríos. Si el combustible es por el contrario muy volátil, la operación del motor falla por intermitencia en la continuidad del suministro, aumentando además las pérdidas por Emisiones Evaporativas, el consumo de carburante puede deteriorarse y pueden ocurrir problemas en climas calientes. Este indicador puede por tanto variar directamente con la temperatura del combustible, de manera que a mayor temperatura se tiene una mayor volatilidad, siendo que las Emisiones Evaporativas aumentan con la temperatura ambiente. Esta característica indica la tendencia del combustible a evaporarse y se mide como Presión de Vapor del combustible. El Etanol Anhidro es más Volátil (18 psia o kPa) que las Gasolinas (8 psia), lo que puede generar problemas con las mezclas. Al incorporar un volumen del 10% de Etanol a la Gasolina, la Presión de Vapor se eleva (aproximadamente de 8,0 a 9,3 psia). Esta característica ha variado mucho con los tiempos, en los años 60 por ejemplo, las Gasolinas eran poco volátiles acarreado problemas en el arranque de los vehículos; esta situación varió hacia

Gasolinas muy volátiles a mediados de los años 80, incrementando consecuentemente la vaporización.

16. En los países donde hay Estaciones Climáticas muy marcadas, y/o condiciones topográficas extremas que generan e inducen cambios radicales en las condiciones del tiempo climático local, es esperable y justificable encontrar variaciones significativas en materia de combustibles y aditivos que contrarresten y coadyuven a mejorar su eficiencia. El Octanaje del combustible debería en principio modificarse con la altitud, pues a mayor altitud (msnm) el Octanaje requerido por el vehículo es menor, por lo que un automóvil de una zona baja que viaje a zonas de altura podría modificar el uso de Gasolinas Súper hacia Regulares y viceversa, lo que genera un ahorro económico importante; esto obviamente dependiendo de las necesidades específicas del vehículo según el fabricante. Como se comentó con anterioridad, la Volatilidad es una característica vinculada directamente con esta materia que aumenta con la temperatura ambiente. Para garantizar que los combustibles cuenten con las características de calidad apropiada y necesaria, las refinadoras ajustan la Gasolina de acuerdo con la estación, suministrando Gasolina más volátil en los meses de invierno para aumentar y facilitar el arranque en frío y el calentamiento del motor. En el verano se produce Gasolina menos volátil para minimizar los problemas de vaporización y cumplir con las normas medioambientales. También se hacen ajustes para áreas geográficas con mayores altitudes porque, a mayor altura, se requiere menos calor para que un líquido hierva. Por ejemplo, en los EUA la EPA reglamenta y recomienda que para los meses de verano (01 de junio al 15 de setiembre) se empleen combustibles con Presiones de Vapor Máximas autorizadas de 7,2 psia a 10,0 psia, según el tipo de Gasolina y su área de venta; en el invierno las mismas pueden ser próximas a 13 psia (RFA, 1996). Según la literatura internacional, se recomiendan en zonas costeras-bajas valores de volatilidad de 7,5 psia y para alturas mayores de 1500 msnm se estima que un psia de 8,0 es suficiente. Si bien estos ajustes estacionales y geográficos se dan en las normas de volatilidad y minimizan los problemas, tampoco los eliminan completamente, pues puede ocurrir que en periodos de calor excepcional en primavera y otoño, una volatilidad adecuada de la Gasolina para temperaturas inferiores puede inducir problemas. Costa Rica es un país que mantiene temperaturas relativamente constantes (variables pero no extremas) durante todo el año, en razón de encontrarse ubicada geográficamente en la Zona Tropical, motivo por el cual, se estima que no necesita aplicar modificaciones en los valores de Volatilidad de sus Gasolinas.
17. Existen muchos malentendidos acerca del consumo carburante (km/litro) sobre las Gasolinas que tienen oxigenados. Hay sin embargo una serie de variables y factores ligados directamente al carburante, la mezcla, el vehículo y el clima expresadas en: tecnología del vehículo, su mantenimiento y estado mecánico, temperaturas ambientes, vientos en contra, condición y calidad vial, presión de neumáticos, uso de acondicionadores de aire, conductor y muchos otros factores que impactan y determinan el consumo de combustible de un vehículo. Esa aseveración de mayor consumo surge del hecho de que el Contenido Energético de la Gasolina es aproximadamente un 27% mayor que el del Etanol, pues la Gasolina

contiene 42.900 kJulios/kg, mientras que el del Etanol es de 26.800. Por esta razón, un galón de Gasolina equivale energéticamente a aproximadamente 1,5 galones de alcohol. La adición del 10% de Etanol reduce el Contenido Energético de la mezcla en cerca de un 3,8%, lo que sin embargo poco se alcanza a notar en cuanto al combustible consumido por el vehículo, en consideración de las sinergias favorables que complementariamente se alcanzan en términos de eficiencia de combustión. En el tanto la proporción Etanol- Gasolina aumente, el consumo de combustible también se incrementa en razón de que el Contenido Energético de la mezcla disminuye. Estudios realizados por Lundberg Survey, Inc. en Wisconsin (USA) empleando vehículos de modelo 1979 a 1994 donde comparó el consumo de Gasolina Clásica con el de Gasolinas Reformuladas con MTBE, Etanol y ETBE, concluyeron un aumento medio de Gasolina Reformulada del 2,09% RFA (1996). Los estudios concluyen un aumento del consumo de carburante debido al contenido de oxígeno de aproximadamente un 2%. Cabe diferenciar Octanaje de Contenido Energético, pues no son lo mismo. De acuerdo con León (2003), estudios realizados en Colombia demostraron que una mezcla del 10% de Etanol en la Gasolina, no afectó el consumo de combustible de los vehículos.

18. Esa conclusión no es cierta ni aceptable como norma o principio general, pues como se ha expuesto y demostrado a través del documento, son muchos los elementos que intervienen y determinan la eficiencia, la operación, el rendimiento y la condición mecánica de un vehículo, entre los cuales el combustible empleado es determinante pero no exclusivo. El mantenimiento del vehículo ejecutado en forma preventiva, frecuente y sistemática, resulta ser una práctica necesaria y muy saludable de carácter genérico, y por tanto, no exclusiva ni particular de los vehículos que emplean Etanol como combustible.
19. El empleo de altos porcentajes de Etanol en mezcla con la Gasolina, puede efectivamente causar problemas serios a los vehículos si estos no están preparados y acondicionados para ello, lo que como se indicó y comentó con anterioridad no es así. Prudencialmente es conveniente mantener una proporción de Etanol del 10%, pues porcentajes menores reducen la tolerancia de la mezcla al agua, y porcentajes mayores (23-25%) como los que emplea Brasil, requieren incorporar cambios y modificaciones mecánicas especiales en los motores; además de inducir si no se contrarrestan, un mayor consumo de combustible, generar un mayor potencial contaminante por causa de derrames y vertimientos.
20. Efectivamente el Etanol puede provocar obstrucción y taponamiento del sistema de distribución del combustible, debido a que como bien se sabe, el alcohol es un muy buen disolvente, motivo por el cual comúnmente se le emplea precisamente para fines de limpieza. Por esta particular propiedad, el Etanol puede disolver los depósitos que se forman en los tanques de almacenamiento de la Gasolina, en las tuberías, los equipos de bombeo y, en general, en el sistema de admisión de los vehículos. Señalan Briceño y Calero (2004a) al respecto, que es necesario por esta razón, tener en cuenta que los cauchos y los elastómeros (compuestos tipo caucho) de las partes del motor que entran en contacto con el combustible (mezcla) deben ser apropiados para el uso del Etanol. Santamaría (2002) considera por su parte,

que el lavado interior del tanque de almacenamiento, junto con el cambio de los filtros de combustible, son prácticas suficientes para limpiar el sistema de admisión de la mezcla. Agrega que las primeras veces en que se aplique una mezcla que contenga Etanol, es de esperar que ocurra limpieza del sistema, por lo que deben seguirse medidas preventivas y precautorias. Podría considerarse esta limpieza “esclerótica” como saludable para el vehículo, en el tanto se tengan previstas sus consecuencias y la misma ocurra bajo condiciones controladas.

21. El Octanaje es una característica muy propia y particular de los componentes del combustible, que no tiene relación directa con su Contenido Energético. Existen muchos mitos con respecto a los combustibles y en especial en su relación con el Octanaje, pues hay una percepción muy difundida de que a mayor contenido de Octanos, mejor rendimiento del vehículo, lo cual no es totalmente cierto, pues en realidad lo que el vehículo necesita satisfacer es su necesidad específica y particular de Octanos recomendada por el fabricante y requerida según tipo de motor, marca y modelo de vehículo (RFA, 1996). El Octanaje requerido depende principalmente del diseño, las condiciones de operación, el tiempo y la forma de uso del motor; además de las condiciones ambientales prevalecientes. Un carburante de mayor Octanaje no necesariamente mejora el consumo de combustible, esto medido en la práctica en kilómetros/litro, puesto que ese atributo está determinado por muchas otras variables, como es el Contenido Energético del carburante. Dos carburantes de idéntico Octano pueden tener diferente Contenido Energético debido a diferencias en la composición. Por lo general, el Octanaje del Etanol es mayor (113) que el de las Gasolinas (81-87) medido como Índice Octano. Un incremento en el Octanaje se manifiesta en una mejor combustión y operación en aquellos motores que realmente lo requieran, como se mencionó con anterioridad. Combustibles con un número de Octanos adecuado operarán óptimamente, pero caerán con combustibles de Octanajes inferiores al requerido por el diseño original. Se estima que por la adición de un 10% de Etanol en la mezcla, el Octanaje se incrementa aproximadamente en 3 Unidades Octano en el caso de la Gasolina Regular y 2 Unidades en la Gasolina Extra o Súper, lo que resulta muy significativo en todos los sentidos que se le valore.
22. Muchas veces (casi la mayoría) de los técnicos y mecánicos de automóviles no tiene fácil acceso a la información que sobre nuevos combustibles y nuevas calidades de carburantes vienen surgiendo; además de otros aspectos vinculados directamente con su operación en motores adaptados para ello. Durante el periodo de crecimiento y promoción en cuanto al empleo del Etanol y el MTBE, se dieron complementariamente muchos cambios en la composición de las Gasolinas. Sin embargo, muchos de estos cambios no fueron expuestos, conocidos o no despertaron la atención y el interés de los técnicos y los mecánicos por conocerlos y, más aún, profundizar en su estudio. ¿Cuántos de nuestros técnicos de automóviles son realmente estudiosos y estarán debidamente informados sobre estas materias? La percepción en este caso es la imperiosa necesidad de informar y capacitar convenientemente a nuestros técnicos y mecánicos, en cuanto a lo que los países desarrollados vienen incorporando con gran dinamismo en estas materias. El

Instituto Nacional de Aprendizaje (INA) debería considerar y llenar este vacío, con la comprobada capacidad que ha demostrado en otras materias.

23. Efectivamente los alcoholes como el Etanol o los éteres como el MTBE y el ETBE, generan olores muy particulares al incorporarse y mezclarse en cantidades significativas con la Gasolina, que pueden catalogarse por los afectados como agradables o desagradables según su percepción particular. Debe sin embargo reconocerse, que la Gasolina también los genera y en forma intensa, con el agravante que corresponden a Benceno y otros Aromáticos (Tolueno, Xileno) menos saludables que el de los alcoholes (RFA, 1996).

INDUSTRIA AUTOMOTRIZ Y CONSUMO DE ETANOL

Resulta casi indiscutible aceptar y reconocer el enorme avance que se ha logrado en el mundo en relativamente pocos años en materia automotriz, principalmente en cuanto a tecnologías de vehículos movidos por Alcohol Carburante.

El mejor argumento para demostrar y calificar el grado de éxito y el avance logrado en la Industria Automovilística mundial, lo demuestra la construcción, el lanzamiento y empleo del Motor de Alcohol desde 1979; una conquista orgullosamente brasileña, lo que resulta como se anotó, incuestionable e inobjetable. Con el tiempo Brasil desarrolló tecnología no sólo para mover vehículos utilizando alcohol como combustible, sino también para incorporar (mezclar) ese producto a la gasolina, reduciendo con ello la emisión de contaminantes y el precio final para el usuario. Dichas técnicas ya fueron adoptadas e incorporadas por varios países del mundo como muestra de su eficiencia.

Los últimos avances en tecnología automotriz han logrado generar soluciones innovadoras a problemas y necesidades reales. Insatisfechos con el Motor a Alcohol, los brasileños recientemente desarrollaron los vehículos con flexibilidad de combustibles “**Flexible Fuel Vehicles (FFVs)**” (Bailey, 1996), también conocidos como “**Coches Biocombustibles o Flex-Fuel**”, los cuales posibilitan y están en capacidad de operar con cualquier mezcla de Gasolina-Etanol en el mismo motor, con buen rendimiento y bajo los límites de emisión permitidos. Desde marzo del 2003 los vehículos Flex-Fuel están disponibles en el mercado vehicular. Las subsidiarias brasileñas de La Ford y La Fiat presentaron en el año 2002 sus modelos “Flex-Fuel”, lo que será continuado por otras empresas automovilísticas. Este tipo de vehículos está actualmente en activa expansión en los EUA.

Las Estaciones de Servicio brasileñas ofrecen actualmente dos tipos de combustibles para Motores Otto:

- Gasohol vendido como Regular (IAD 87) y Súper (IAD 91).
- Etanol Hidratado (94,5%).

En el caso del porcentaje de Etanol Anhidro incorporado en la mezcla, se tiene que este ha variado de acuerdo con su grado de disponibilidad.

La gran dinámica que mantiene el uso del Etanol como combustible en el mundo, y que se evidencia a través del creciente consumo mundial actual, refleja la confianza y certeza que se tiene de su beneficio para los vehículos automotores y el medio ambiente. No puede haber consumo de Etanol Combustible si no existe una tecnología automotriz que sustente y complemente su empleo en los vehículos automotores. Resulta a todas luces un inequívoco el hecho de contar con el producto (Etanol) y no con la tecnología automovilística requerida y validada para su uso y aprovechamiento.

Una de las mejores y más visibles evidencias del potencial real de ese biocombustible, lo representa las mayores economías del mundo: los EUA y la Comunidad Europea.

La producción y uso del Etanol Carburante esta actualmente creciendo significativamente en territorio norteamericano. Señala Chaves (2003) al respecto, que *“En el caso de los EUA se viene dando un significativo incremento en el empleo del Etanol en los últimos años, como lo demuestran los siguientes datos de consumo dados en billones de galones según año: 2001 (1,77); 2002 (2,13); 2003 (3,20) y 2012 (5,00). La estructura productiva norteamericana actual comprende 69 instalaciones (hay 3 en expansión) de fabricación activas ubicadas en 20 Estados, cuya capacidad de fabricación supera los 2,7 billones de galones/año; a esa cantidad próximamente se le incorporarán otras 10 plantas adicionales que se encuentran en construcción, y cuya capacidad de producción será de 4,83 millones de galones anuales, con lo cual los EUA estarían en capacidad de elaborar 3,19 billones de galones. El mayor consumo se da en la costa Oeste, para lo cual se emplea una mezcla del 10% en la gasolina.”*

Agrega ese mismo autor al mismo tema, que *“Se espera un aumento importante en la demanda de biocombustibles en los EUA en los próximos años, debido fundamentalmente a la obligatoriedad que de sustituir el MTBE, sustancia presuntamente tóxica y prohibida actualmente en 17 Estados se viene dando, y a la cual sistemáticamente se suman nuevos Estados.”*

La creciente demanda mundial de Alcohol Carburante se debe en gran medida, a la necesidad de sustituir el aditivo MTBE adicionado por mucho tiempo a la Gasolina, el cual viene siendo cuestionado por aspectos ambientales (Chaves, 2003).

La gestación y promoción de un mercado internacional para el Alcohol Combustible aparece con mucha fuerza e ímpetu en varios países del mundo. Canadá por ejemplo, ya exige la mezcla del 10% de Alcohol a la Gasolina en las zonas más contaminadas del país; lo que muy posiblemente México operará también próximamente, pues su capital enfrenta serios problemas de contaminación y polución atmosférica.

En Asia el Etanol es también una respuesta efectiva y pronta para los alarmantes índices de contaminación del aire. El caso de Japón es muy ilustrativo, pues el país dispone de una inmensa flota de 72,6 millones de vehículos, sin contar motocicletas, por cuya razón ostenta ser el segundo mayor consumidor de Gasolina del mundo, importando el 99,5% del petróleo que consume.

Esta dependencia absoluta del crudo y la decisión adoptada por el país para reducir las emisiones de CO₂, llevaron a las autoridades niponas a invertir en combustibles alternativos, mostrando el alcohol las mayores ventajas y bondades. Para atender esa necesidad, Japón acordó que Brasil le exportará próximamente el Etanol combustible requerido, utilizando este en contrapartida, la tecnología japonesa de deshidratación del alcohol.

En la región Asiática tanto Tailandia como China muestran también gran disposición a emplear Alcohol Carburante. En el primer caso, las Leyes nacionales ya obligan a adicionar un 10% de Etanol a la Gasolina en localidades ambientalmente problemáticas por su alta contaminación y polución, como acontece en su capital Bangkok. La China evalúa actualmente la mezcla de alcohol con la Gasolina, para lo cual ha creado una demanda anual por 7.000 millones de litros de alcohol carburante.

La Unión Europea (UE) un reconocido e incondicional signatario del Protocolo de Kioto, prevé incorporar a partir del 2005 al menos un 2% de biocombustibles en sus Gasolinas, conforme la resolución del Parlamento Europeo. Para el 2010 dicha mezcla deberá incrementarse al 5,75%. Con la medida anterior prevén reducir gradualmente las emisiones de CO₂ a la atmósfera y atender con la urgencia y rigor requeridos el tema ambiental. Podría asegurarse que esta es la región que ofrece las perspectivas más interesantes y prometedoras para el uso de Alcohol Carburante (Villena, 2003).

Otras naciones Latinoamericanas como Colombia incorporarán próximamente el Alcohol Carburante a sus Gasolinas, para lo cual esperan realizar a partir de setiembre del 2005 una mezcla del 10% en volumen, lo que demandará 900 millones de litros anuales de Etanol originados a partir de caña de azúcar y yuca. La operación y cobertura del programa será incremental y sistemática, iniciando estratégicamente en las ciudades con más de 500.000 pobladores en cuyo caso son: Bogotá, Cali, Medellín y Barranquilla; a las que posteriormente se incorporarán Cartagena, Cúcuta, Pereira y Bucaramanga (Briceño y Calero, 2004a; Calero, 2000; Calero y Briceño, 2003; Santamaría, 2002).

En el caso de Perú y Suecia se realizan actualmente estudios y valoraciones para determinar las posibilidades y necesidades de incorporar el Alcohol como parte de su política energética nacional, lo que próximamente se conocerá.

PREGUNTAS INQUIETANTES A REALIDADES INCUESTIONABLES

El motivo de vincular el Desarrollo Automotriz con el consumo de Alcohol Carburante es como se indicó al principio, demostrar que son precisamente las naciones más desarrolladas, con mayores adelantos tecnológicos y vigilantes de su patrimonio, población y bienestar nacional, las que han dado un paso adelante en esta materia tan estratégica para un país.

Surge inmediatamente entonces la pregunta ¿Hubieran dado esos países ese trascendental paso si el uso del Alcohol Carburante fuera cuestionable o irrelevante como alternativa energética? ¿O en cuyo caso no hubiera tecnología automotriz disponible, accesible y

suficientemente comprobada? Obviamente la respuesta es NO. Esto nos conduce a otra importante pregunta ¿Por qué entonces Costa Rica no hace lo mismo si dispone de importantes ventajas y condiciones para ello? Más aún si esta desde hace muchos años (25) produciendo y exportando Alcohol Carburante de las calidades requeridas por mercados exigentes como el Norteamericano. La respuesta es clara: temor de muchos (no todos) de nuestros gobernantes y dirigentes institucionales; intereses creados (públicos y privados) específicos que se verían afectados; reacción al cambio; poca ambición y exceso de conformismo; temor por razones personales a las reacciones que lógicamente surgirán en grupos específicos; desconfianza de las evidencias existentes; ignorancia, desconocimiento y desinterés por el tema.

Muchas de siguientes “inquietudes” forman parte de los argumentos y son reiteradamente expuestas por los funcionarios a quienes les corresponde por su posición gestar, impulsar y promover una iniciativa de esta naturaleza y envergadura, argumentando razones como: ¡No hay ni se dispone aún de evidencia suficiente!, ¡Hagamos pruebas para verificar el efecto de la mezcla!, ¡No podemos arriesgar sin contar con estudios suficientes!, ¡El país no está aún preparado, debe madurar más!, ¡Nuestra flota vehicular es antigua y por tanto poco apta!, ¡No se puede arriesgar al consumidor!, ¡La infraestructura de nuestras Estaciones de Servicio (bombas) es inadecuada!, entre muchas otras que resultan realmente risibles y débiles ante la aplastante evidencia mundial.

Esta situación ha conducido inclusive a que algunas autoridades pretendan desde ya, posponer el cumplimiento de los términos del Decreto Ejecutivo N° 31087 MAG-MINAE del 06 de mayo del 2003, aún vigente, como bien lo señala Canales (2004c). Dicho Decreto dicta iniciar la adición y mezcla de Alcohol Carburante a nuestras Gasolinas a partir del 01 de enero del 2005, como lo expone y analiza ampliamente Chaves (2003) en su documento.

Lo cierto del caso y sin pretender ser “Gurú, Futurista o Vidente”, puede esperarse con mucha certeza, que la tecnología fundamentada en el uso de los Biocombustibles deberá ser adoptada en algún momento en el país, sea por convencimiento, convencionalismo o en su caso por necesidad; esto en concordancia con la dinámica de las corrientes mundiales. ¿Por qué no hacerlo desde ahora y ganar tiempo? La respuesta a esa pregunta queda abierta y deberá ser contestada a futuro.

CONCLUSIÓN

De lo expuesto y comentado a través del documento puede inferirse y concluirse lo siguiente:

El país atraviesa actualmente una situación crítica y preocupante desde el punto de vista energético, debido a la presencia de una serie de distorsiones importantes existentes en su estructura de consumo nacional, que han conducido a una exagerada dependencia de los Hidrocarburos; recursos que el país no dispone y que puede casi asegurarse difícilmente dispondrá, y que por lo tanto, se hace necesario y obligado importar, utilizando para ello un

porcentaje importante de las Divisas que con mucho esfuerzo genera y recibe el país por concepto de venta otros productos y servicios.

Los precios alcanzados por los Hidrocarburos sobre todo en el presente año 2004, han afectado y golpeado significativamente la escuálida economía del país; no solamente por los recursos financieros involucrados en la importación directa de los mismos, sino también por el incremento verificado en los costos de la mayoría de los productos manufacturados en los países desarrollados, los cuales transfieren el proceso inflacionario que les origina el petróleo a sus productos de exportación. El precio del petróleo es en definitiva un importante disparador de Inflación nacional, que afecta negativamente nuestra Balanza Comercial.

Se estima que el consumo de combustibles aumentó en Costa Rica un 45,5% en los últimos 10 años, inducido principalmente por el significativo crecimiento mostrado en la flotilla vehicular. Se asegura que mientras en 1993 el país demandó 10.298.503 barriles de petróleo, en el año 2003 la demanda fue de 14.985.033 barriles. Se indica por parte de RECOPE, que apenas entre los meses de enero y julio (7 meses) del 2004 se consumieron 8.987.356 barriles. Según RECOPE, en 1993 circulaban en el país 439.235 vehículos, mientras que en diciembre del 2003 ese número se estimó en 949.049 unidades. En 1993 el país pagó una factura por importación de petróleo de us\$215,4 millones, la que en el año 2003 alcanzó los us\$525,9 millones; se estima que en virtud del significativo incremento mostrado por los precios del petróleo en los mercados internacionales, el país podría pagar por esa factura una suma cercana a los us\$700 millones (La Nación, 2003n).

Lo más grave de la situación es que las condiciones imperantes en dicho mercado en los últimos tiempos, inducen a pensar que existen en realidad pocas posibilidades de cambio. Por el contrario, es factible pensar que los precios de los hidrocarburos mantengan su fuerte tendencia creciente en forma sostenida, siendo difícil que pueda darse una reducción y estabilización prolongada de los mismos en el corto plazo.

Los efectos negativos para la economía del país son percibidos no sólo por problemas de demanda (suministro) y los altos precios del petróleo en periodos cortos de tiempo; sino también la estabilidad de precios intermedios por largos periodos, que para el caso de Costa Rica pueden ser apenas meses.

Para enfrentar esta crítica situación es necesario realizar un enorme esfuerzo nacional, tendiente a disminuir y sustituir sistemática y paulatinamente en porcentajes significativos, el petróleo importado y sus derivados; a la vez que impulsar una serie de iniciativas de desarrollo agrícola e industrial que aumenten la productividad y reduzcan el gasto energético importado del país. Para lograr esto existen varias alternativas, tales como: establecer severas restricciones y modificar la estructura de consumo actual de Hidrocarburos; así como sustituir por otro recurso energético alternativo el petróleo empleado como fuente básica de energía.

La posibilidad de sustituir los Hidrocarburos por otra fuente de energía alternativa como podría ser la Biomásica, ofrece interesantes opciones potenciales a nuestro país, ya que se cuenta con los recursos y experiencia necesarios para ello, una de las cuales es la

producción y uso del Alcohol Carburante (Etanol) obtenido a partir de caña de azúcar, granos, yuca y otros recursos agroenergéticos diversos.

La valiosa y sobresaliente experiencia brasileña en materia de producción y uso del Etanol como biocombustible, puede perfectamente procurarse ser replicada en el país, ante lo cual debe tenerse y tomarse en cuenta las diferencias de contextos, objetivos, recursos y metas existentes en cada caso.

El Alcohol presenta además de su utilización tradicional como Carburante, sea como complemento o sustituto de la Gasolina, otras alternativas rentables también interesantes y potencialmente accesibles para el país; como son la elaboración de polímeros y sustancias sintéticas derivadas, que satisfagan las necesidades y propicien las exportaciones nacionales, lo cual debe también ser necesariamente considerado al momento de valorar el enorme potencial que ofrece el Alcohol como alternativa económica.

La producción de Etanol puede generar importantes beneficios al país por varias opciones que alternativamente surgen para optimizar su empleo, como son:

- Exportación del Etanol a otros países bajo condición de precios competitivos.
- Desarrollar una tecnología automotriz fundamentada en la mezcla Etanol-Gasolina (10-25%) o vehículos movidos 100% con Etanol.
- Desarrollar la producción de Biodiesel, esterificando con Etanol.
- Impulsar y desarrollar la Industria Alcohol-química y otras que incorporen Valor Agregado al producto.

La diversificación de las fuentes energéticas de uso nacional resulta ser un asunto urgente y prioritario para el país, que le permitirá superar el modelo tradicionalmente vigente dependiente mayoritariamente de una única fuente: el petróleo. Cualquier decisión que se adopte, materialice y traduzca en Proyectos específicos tendientes a modificar la estructura energética actual por medio de la innovación tecnológica, debe necesariamente fundamentarse en pautas sociales, tecnológicas y ambientales, y no exclusivamente en metas de índole y naturaleza económica o productiva.

LITERATURA CONSULTADA

1. Agüero Rojas, M. 2004a. ¿Subirá Más la Gasolina? RECOPE a la Expectativa. Periódico Al Día. San José, Costa Rica. 12 de marzo. p: 2.
2. Agüero Rojas, M. 2004b. ¢12 Más por Litro de Súper: Alza de RECOPE y Actualización de Impuesto. Periódico Al Día. San José, Costa Rica. 05 de agosto.
3. Agüero Rojas, M. 2004c. Ganaron ¢37 Millones en un Día: Gasolineras Compraron Exceso de Combustible Previo a Regir Alza. Periódico Al Día. San José, Costa Rica. 16 de agosto.

4. Agüero Rojas, M. 2004d. Gasolineros y Taxistas Piden Alzas: ¢4 por Litro de Combustible y ¢20 en Primer Kilómetro. Periódico Al Día. San José, Costa Rica. 22 de setiembre. p: 6.
5. Al Día. 2004. Petróleo Cerca de \$50 por Barril. San José, Costa Rica. 21 de agosto.
6. ART PINE. 2004. Precio del Crudo Desafía Cálculos de Fed. Periódico La República. San José, Costa Rica. 30 de julio.
7. Bailey, B.K. 1996. Production and Utilization. En: Wyman, Taylor y Francis (eds.). Handbook of Bioethanol. Washington. 20 p.
8. Barquero S., M. 2004. Alza en Petróleo Golpea a Empresas Ticas: Evitan Despidos con Medidas para Reducir Gastos. Periódico La Nación. San José, Costa Rica, 20 de agosto.
9. Barreto De Menezes, T.J. 1980. Etanol, O Combustível Do Brasil. São Paulo, Brasil: Ed. Agronômica Ceres. 233 p.
10. Briceño, C.O.; Calero, C.X. 2004a. Etanol Como Combustible para Vehículos. Cali, Colombia. Carta Trimestral 1 de 2004 – CENICAÑA. p: 14-19.
11. Briceño, C.O.; Calero, C.X. 2004b. Aspectos Básicos del Desempeño del Etanol como Combustible Vehicular. Centro de Investigación de la Caña de Azúcar de Colombia (CENICAÑA). Documento de Trabajo. 12 p.
12. Calero C., C.X. 2000. Alcohol Carburante: una Alternativa con Altos Beneficios Económicos, Sociales y Ecológicos para Colombia. Cali, Colombia. Carta Trimestral 3 de 2000 – CENICAÑA. p: 16-20.
13. Calero, C.X; Briceño, C.O. 2003. Proyecto Nacional de Oxigenación de las Gasolinas en Colombia. Cali, Colombia. Carta Trimestral 4 de 2003 - CENICAÑA. p: 14-19.
14. Canales, D. 2004a. Impuesto a Combustibles es Jugoso para el Gobierno: Gravamen Dará al Fisco unos \$337 Millones este Año. Periódico La República. San José, Costa Rica. 19 de agosto.
15. Canales, D. 2004b. Descartan Restricción de Combustibles: Gobierno Desestima que Crisis del Crudo Atente Contra Economía. Periódico La República. San José, Costa Rica. 18 de agosto.
16. Canales, D. 2004c. Uso de Etanol como Combustible se Demorará: Aplicación no Regirá en 2005 ante Dudas por Posible Efecto Nocivo en Vehículos. Periódico La República. San José, Costa Rica. 23 de agosto. p: 8.

17. Corrêa Carvalho, L.C. 2003. The Brazilian Ethanol Experience. En: Seminario Internacional de Alcohol Carburante. Santiago de Cali, Colombia, junio 17 y 18 del 2003. Memoria. Cali, ASOCAÑA, CORPODIB y TECNICAÑA. 34 p.
18. Corrêa Carvalho, L.C. 2002. Biocombustíveis: o Passado e o Futuro. Revista STAB – maio/junho 20(5): 8-9.
19. Chaves Solera, M.A. 1985. Las Vinazas en la Fertilización de la Caña de Azúcar. El Agricultor Costarricense 43(9-10): 174-177.
20. Chaves Solera, M.A. 1993. Antecedentes, Situación Actual y Perspectivas de la Agroindustria Azucarera y Alcohólica Costarricense. En: Congreso Nacional Agronómico y de Recursos Naturales, 9, San José, Costa Rica, 1993. Resúmenes. San José, Colegio de Ingenieros Agrónomos, octubre. 116 p.
21. Chaves Solera, M. 2003. Producción de Alcohol Carburante (Etanol) en Costa Rica: Consideraciones Sobre su Potencial Real de Uso. En: Congreso de ATACORI, 15, Carrillo, Guanacaste, Costa Rica, 2003. Memoria. San José, Asociación de Técnicos Azucareros de Costa Rica, setiembre. p: 1-17.
22. Diaz, E. 2004. Intrusos en el Aire. Periódico La República. San José, Costa Rica. 26 de agosto.
23. Dickey, C. 2004. El Futuro del Petróleo. Periódico La República. San José, Costa Rica. 10 de setiembre.
24. FAO. 1981. Cultivos Energéticos y Cultivos Alimentarios: Consulta de Expertos de la FAO, 2-6 de junio de 1980. Roma, Italia. Boletín de Servicios Agrícolas de la FAO N° 46. 66 p.
25. Gnecco Mancheno, J. 2003. Usos de las Vinazas en la Fertilización de Cultivos de Caña de Azúcar. En: Seminario Internacional de Alcohol Carburante. Santiago de Cali, Colombia, junio 17 y 18 del 2003. Memoria. Cali, ASOCAÑA, CORPODIB y TECNICAÑA. 52 p.
26. Guerén Catepillán, P.; Agüero Rojas, M. 2004. Alistan Plan por Alza de Petróleo: No Descartan Restricción Vehicular. Periódico Al Día. San José, Costa Rica, 16 de agosto.
27. Herrera, B. 2004. Contradicción en Gobierno Sobre Plan para Ahorrar Combustible: Jerarcas Dan Versiones Distintas. Periódico La Nación. San José, Costa Rica. agosto.
28. Jiménez Tolentino, K. 2004. Sudamérica se Prepara para Evitar nuevas Crisis Energéticas: Expertos se Refieren a los Proyectos de Combustibles Alternativos Más Viables. Periódico Tiempos del Mundo: Cono Sur. Año 7. Número 39 (409). 23 de setiembre.

29. La Nación. 2004a. OPEP Prevé Más Demanda de Petróleo. San José, Costa Rica. 20 de julio. p: 17A.
30. La Nación. 2004b. Petróleo Afecto Bolsa. San José, Costa Rica. 04 de agosto. p: 20 A.
31. La Nación. 2004c. Alta Demanda Eleva el Precio del Crudo a \$45,50 el Barril. San José, Costa Rica. 13 de agosto. p: 22 A.
32. La Nación. 2004d. Hidrógeno, Fuente de Energía. San José, Costa Rica. 15 de agosto.
33. La Nación. 2004e. Petróleo: Entre Realidad y Fantasmas: Prevén que Llegue a \$50 el Barril. San José, Costa Rica. 17 de agosto.
34. La Nación. 2004f. Limitarían Acceso al Centro de San José. San José, Costa Rica. 17 de agosto. p: 1.
35. La Nación. 2004g. Tensión por Yukos Impulsó Petróleo a más de \$46. San José, Costa Rica. 21 de agosto. p: 16.
36. La Nación. 2004h. Alza del Petróleo Afectó Bolsas. San José, Costa Rica. 21 de agosto. p: 19A.
37. La Nación. 2004i. Hidrógeno Encenderá Nueva revolución. San José, Costa Rica. 13 de setiembre.
38. La Nación. 2004j. Crudo Cerró a Más de \$47 el Barril. San José, Costa Rica. 22 de setiembre. p: 16.
39. La Nación. 2004k. País Produciría Combustible a Base de Sorgo. San José, Costa Rica. 22 de setiembre. p: 19 A.
40. La Nación. 2004l. Petróleo Cerró \$1,59 Más Caro. San José, Costa Rica. 23 de setiembre. p: 14.
41. La Nación. 2004m. Petróleo Subió \$1,59 en la Semana. San José, Costa Rica. 25 de setiembre. p: 17.
42. La Nación. 2004n. El Consumo de Combustibles Creció 45% en una Década. San José, Costa Rica. setiembre.
43. La República. 2004a. Crudo Llega a \$43. San José, Costa Rica. 31 de julio.
44. La República. 2004b. Petróleo Sube a Récord. San José, Costa Rica. agosto.

45. La República. 2004c. Mercados de Petróleo en Vilo por Yukos. San José, Costa Rica. 04 de agosto.
46. La República. 2004d. Precio del Crudo Golpea a Aerolíneas. San José, Costa Rica. 05 de agosto.
47. La República. 2004e. Crudo Pulveriza Nuevo Récord. San José, Costa Rica. 10 de agosto.
48. La República. 2004f. Precios del Crudo Golpea la Economía Mundial. San José, Costa Rica. 12 de agosto.
49. La República. 2004g. Editorial: Medidas Para Aliviar el Azote Petrolero. San José, Costa Rica. 17 de agosto. p: 16
50. La República. 2004h. Petroleras No Gastan en Pozos. San José, Costa Rica. 17 de agosto. p: 12.
51. La República. 2004i. Problemas de Provisión Presionan el Crudo. San José, Costa Rica. 19 de agosto.
52. La República. 2004j. Crudo Seguirá Subiendo. San José, Costa Rica. agosto.
53. La República. 2004k. Crudo por los Cielos. San José, Costa Rica. agosto.
54. La República. 2004l. Crudo se Desploma. San José, Costa Rica. 29 de agosto.
55. La República. 2004m. Regresan Temores por Existencias de Crudo. San José, Costa Rica. 04 de setiembre.
56. La República. 2004n. Precio de Crudo Perjudica Campaña de Bush. San José, Costa Rica. 16 de setiembre.
57. La República. 2004o. Crudo Llega a Máximo del Mes. San José, Costa Rica. 21 de setiembre. p: 13.
58. La República. 2004p. Crudo de Nuevo al Alza. San José, Costa Rica. 22 de setiembre. p: 13.
59. La República. 2004q. E.E.U.A. Estudia Echar Mano de Reservas. San José, Costa Rica. 24 de setiembre. p: 14.
60. Leal, D.; Rojas, J. 2004. Gobierno Aplicará Plan Ante Alza de Crudo. Periódico La Nación. San José, Costa Rica. 14 de agosto.
61. León F., J.G. 2003. La Incorporación del Etanol en la Cadena de las Gasolinas Automotor. En: Seminario Internacional de Alcohol Carburante. Santiago de Cali,

- Colombia, junio 17 y 18 del 2003. Memoria. Cali, ASOCAÑA, CORPODIB y TECNICAÑA. 46 p.
62. Martínez, R. 2004. Contaminación y Accidentes Azotan a Ticos: Infraestructura y Falta de Controles Continúan Afectando. Periódico La República. San José, Costa Rica, 05 de agosto.
 63. Mattich, A. 2004. Una Crisis del Crudo en Camino... o de Vuelta. Periódico El Financiero N° 476. San José, Costa Rica. 16-22 de agosto. p: 32.
 64. Montenegro B., J.; Abarca M., S. 2001. Emisión de Gases con Efecto Invernadero y Fijación de Carbono en Caña de Azúcar. En: Importancia del Sector Agropecuario Costarricense en la Mitigación del Calentamiento Global. San José, Costa Rica: Ministerio de Agricultura y Ganadería: Instituto Meteorológico Nacional. p: 83-88.
 65. Murillo, W.; Canales, D. 2004. Alza del Petróleo Aviva Temor Económico: Precio del Crudo Podría Alcanzar los \$60 por Barril. Periódico La República. San José, Costa Rica. 09 de agosto.
 66. Renewable Fuels Association (RFA). 1996. Cambios en la Gasolina III – Guía de Calidad de la Gasolina para el Técnico del Automóvil. Fundación para Carburantes Renovables. 37 p.
 67. Oviedo, E. 2004. Llenar el Tanque Costará Casi ¢15.000: Aprobada Alza de ¢11,6 en Gasolina. Periódico La Nación. San José, Costa Rica. 05 de agosto.
 68. Prendas, G.; Canales, D. 2004. Crisis Petrolera Encarece Industria: Empresarios Toman Medidas para Compensar Altos Costos Productivos. Periódico La República. San José, Costa Rica. 16 de agosto.
 69. Quintero D., R. 2003. Resultados Preliminares y Proyecciones Acerca del Uso de la Vinaza en Colombia. En: Seminario Internacional de Alcohol Carburante. Santiago de Cali, Colombia, junio 17 y 18 del 2003. Memoria. Cali, ASOCAÑA, CORPODIB y TECNICAÑA. 10 p.
 70. Rojas, J.E. y Agencias. 2004a. El Litro de Gasolina Subirá Más de ¢11: Gobierno Actualizó Impuesto Único. Periódico La Nación. San José, Costa Rica. 31 de julio.
 71. Rojas, J.E. y Agencias. 2004b. Persiste Escalada del Petróleo: Barril Cerró en Nuevo Récord de \$43,80. Periódico La Nación. San José, Costa Rica. 31 de julio.
 72. Rojas, J.E. y Agencias. 2004c. El Litro de Gasolina Subirá Más de ¢11: Barril de Crudo Cerró en \$44,15, en Nueva York Ayer. Periódico La Nación. San José, Costa Rica. agosto.

73. Rojas, J.E.: Leal C., D. 2004. Crudo Altera Finanzas de RECOPE: Gasolina Subiría entre ¢20 y ¢36. Periódico La Nación. San José, Costa Rica. 12 de agosto.
74. Rojas, J.E. 2004a. Costa Rica Amplia la Lista de Proveedores de Combustible: Brasil y Colombia Ganan Terreno Como Vendedores. Periódico La Nación. San José, Costa Rica. 12 de agosto.
75. Rojas, J.E. 2004b. RECOPE Sale de Compras. Periódico La Nación. San José, Costa Rica, 12 de agosto.
76. Sabino Ometto, J.G. 1998. O Álcool Combustível e o Desenvolvimento Sustentado. São Paulo, Brasil: PIC Editorial. 79 p.
77. Santamaría, S. 2002. Marco Teórico y Regulatorio del Uso de Alcoholes Carburantes en Colombia. ASOCAÑA, Cali, Colombia. 65 p.
78. Suárez, R. 2004. ¿Qué Futuro Queremos? Un Debate Inconcluso. Periódico Tiempos del Mundo: Centroamérica y El Caribe. Año 7. Número 39 (409). 23 de setiembre. p: 31-34.
79. Segura Bonilla, O.; Otoyá Chavarría, M. 2004. Dependencia Energética Impacta a Costa Rica. CÁMPUS: Oficina de Comunicación Universidad Nacional de Heredia, Costa Rica, Agosto. p: 1, 4.
80. Soto, E. 2004. En Vilo por el Oro Negro. Periódico La República: Suplemento Financiero. San José, Costa Rica. 30 de agosto. p: 1-2.
81. Timmons, H.; Glanz, J. 2004. Iraq Busca Ayuda Para Calcular Cuanto Petróleo Hay en el Subsuelo. The New York Times, 14 de agosto.
82. Thompson Chacón, E. 2004. La Petrolera Rusa Yukos y su Bolsillo. Periódico La Nación. San José, Costa Rica. 06 de setiembre.
83. Vargas De Mendiola, A. 2004. Entidades Persiguen Ahorro en Combustible con Nueva Tecnología. Periódico El Financiero. San José, Costa Rica. 23-29 de agosto. p: 28.
84. Vianna Guilhon, C. 1979. A Agricultura e a Crise Energética. Revista Saccharum STAB (Brazil)-dez 2(7): 28-33.
85. Villena Díaz, M. 2003. ALCOHOL CARBURANTE: Experiencia Europea. En: Seminario Internacional de Alcohol Carburante. Santiago de Cali, Colombia, junio 17 y 18 del 2003. Memoria. Cali, ASOCAÑA, CORPODIB y TECNICAÑA. 47 p.