

“Tablero de comando” para la promoción de los biocombustibles en Paraguay

Eduardo Bohn



NACIONES UNIDAS

CEPAL



Bundesministerium für
wirtschaftliche Zusammenarbeit
und Entwicklung

gtz

Este documento fue preparado por el consultor Eduardo Bohn, y coordinado por Hugo Altomonte, Jefe, Unidad de Recursos Naturales y Energía de la División de Recursos Naturales e Infraestructura, de la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL). El mismo se desarrolló en el marco del proyecto “*Modernization of the State, productive development and sustainable use of natural resources*” (GER/05/001), ejecutado por CEPAL en conjunto con la Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (GTZ) y financiado por el Ministerio Federal de Cooperación Económica y Desarrollo de Alemania (BMZ).

Las opiniones expresadas en este documento, que no ha sido sometido a revisión editorial, son de exclusiva responsabilidad del autor y pueden no coincidir con las de la Organización.

Diseño de portada: Marian Salamovich

Publicación de las Naciones Unidas

LC/W.238

Copyright © Naciones Unidas, enero de 2009. Todos los derechos reservados
Impreso en Naciones Unidas, Santiago de Chile

La autorización para reproducir total o parcialmente esta obra debe solicitarse al Secretario de la Junta de Publicaciones, Sede de las Naciones Unidas, Nueva York, N. Y. 10017, Estados Unidos. Los Estados miembros y sus instituciones gubernamentales pueden reproducir esta obra sin autorización previa. Sólo se les solicita que mencionen la fuente e informen a las Naciones Unidas de tal reproducción.

Índice

Resumen	7
Introducción	9
I. Eje institucional	11
A. Información sobre Paraguay	11
B. Instituciones públicas vinculadas a la actividad biocombustibles.....	13
C. Breve reseña del desarrollo del sector combustibles y biocombustibles en el Paraguay.....	15
D. Legislación de biocombustibles	16
II. Eje energético	17
A. El papel del Estado en el sector energético.....	17
B. Características de la demanda de energía	17
C. Matriz energética del Paraguay	19
D. Opciones de abastecimiento futuro para aseguramiento de matriz energética	21
E. Metas de sustitución de biocombustibles adoptadas.....	23
III. Eje agrícola	25
A. Recursos naturales	25
B. Disponibilidad de tierras agrícolas: clasificación según potencialidad, superficies disponibles y utilización actual.....	28
C. Generalidades del sector agropecuario	30
D. Materias primas para biocombustibles.....	31
E. Criterios determinantes para utilización de materias primas para biodiesel	38
F. Producción de etanol, obtenido de caña de azúcar (IICA, 2007)	43
G. Rubros alternativos para la producción de etanol.....	47
H. Tenencia de la tierra y rubros energéticos.....	49
IV. Eje económico social	51
A. Opciones de producción de materias primas y empleo asociado	51
B. Indicadores económicos	57
C. Aplicación de incentivos tributarios para inversión y consumo.....	62
V. Eje ambiental	65
A. Externalidades generadas durante el ciclo de vida, efecto agregado	65
B. Reducción de emisiones derivadas de la utilización.....	67
C. Impacto ambiental de los biocombustibles.	69
VI. Eje industrial.....	71
A. Requisitos para la instalación de plantas de biocombustibles.....	71

B.	Viabilidad técnica de mezclas de biocombustibles en parque automotor actual.....	72
C.	Normas técnicas y fiscalización	73
D.	Análisis de infraestructuras de las cadenas de producción de biocombustibles.....	73
E.	Distribución de combustibles en Paraguay.....	78
F.	Infraestructura exportadora.....	80
VII.	Eje tecnológico.....	81
A.	Producción industrial de biocombustibles.....	81
B.	Tecnologías de biocombustibles en Paraguay	82
C.	Producción agropecuaria	84
D.	Investigaciones agropecuarias y entes relacionados	87
E.	Rendimientos energéticos de materias primas para biodiesel y etanol.....	87
VIII.	Visión general	91
A.	Eje institucional	91
B.	Eje energético	92
C.	Eje agrícola	93
D.	Eje socioeconómico	93
E.	Eje ambiental.....	94
F.	Eje industrial.....	95
G.	Eje tecnológico.....	96
Anexos	.....	97
Anexo 1	.....	98
Anexo 2	.....	102
Anexo 3	.....	107
Bibliografía	.....	111

Índice de gráficos

Gráfico 1	Oferta bruta de energía primaria en Paraguay.....	18
Gráfico 2	Evolución de la oferta interna bruta de la biomasa tradicional.....	19
Gráfico 3	Consumo final de energía en el Paraguay.....	20
Gráfico 4	Consumo final de biomasa sectorizado	20
Gráfico 5	Histórico de consumo de alcohol carburante en el Paraguay.....	21
Gráfico 6	Proyección consumo de derivados del petróleo en Paraguay	22
Gráfico 7	Distribución de consumo de derivados de petróleo en Paraguay.....	23
Gráfico 8	Histórico de superficies de cultivos oleaginosos en Paraguay	32
Gráfico 9	Histórico de producción de rubros oleaginosos en Paraguay.....	32
Gráfico 10	Superficie de las explotaciones con cultivo de soja por estratos	35
Gráfico 11	Histórico de precios promedios de aceites y grasas en el Paraguay	38
Gráfico 12	Comparativo de rendimientos de cultivos oleaginosos en Paraguay	42
Gráfico 13	Histórico de superficies y rendimientos de caña de azúcar en Paraguay	43
Gráfico 14	Destino de utilización industrial de caña de azúcar	46
Gráfico 15	Ingresos agregados potenciales derivados de la cadena del etanol de caña de azúcar	59
Gráfico 16	Rendimientos de energía neta de diferentes cultivos de biocombustibles en otros países	67
Gráfico 17	Producción de etanol por ingenio y capacidad nominal de producción	76
Gráfico 18	Comparación de rendimiento energético bruto de rubros agropecuarios.....	88

Índice de cuadros

Cuadro 1	Metas de mezcla de biocombustibles propuestas	24
Cuadro 2	Clasificación de suelos según potencialidad de utilización.....	29
Cuadro 3	Explotaciones agropecuarias	30
Cuadro 4	Cantidades y superficies de las explotaciones de soja según tamaño de explotación	34

Cuadro 5	Estimación Total de costos de producción y de rentabilidad Sistema: convencional-mecanizada 2008.....	35
Cuadro 6	Producción y destino de oleaginosas: soja	36
Cuadro 7	Producción y destino de oleaginosas: girasol-canola-algodón	37
Cuadro 8	Histórico de superficies, producción y rendimientos de caña de azúcar	43
Cuadro 9	Destino industrialización de caña de azúcar	46
Cuadro 10	Costos estimados de producción de caña de azúcar industrial, 2008	47
Cuadro 11	Indicadores de rubro maíz en el Paraguay, 2006	48
Cuadro 12	Histórico de superficies, producción y rendimientos de maíz	48
Cuadro 13	Distribución de explotaciones que cultivan maíz	49
Cuadro 14	Histórico de superficies, producción y rendimientos de mandioca	49
Cuadro 15	Parámetros de empleo generado por complejo soja	52
Cuadro 16	Empleo generado por complejo soja en jornales anuales	52
Cuadro 17	Parámetros de empleo generado por rubros oleaginosos potenciales de la agricultura familiar (AF).....	54
Cuadro 18	Generación agregada de los empleos fijos equivalentes (EFE) según rubros oleaginosos y meta B5.....	55
Cuadro 19	Empleo potencial generado por cadena del cocotero en función a metas biodiesel.....	55
Cuadro 20	Empleos generados por cadena del etanol de caña.....	56
Cuadro 21	Potenciales ingresos de la cadena de producción del coco incluyendo biodiesel (objetivo de B5 ó 50 mil m3/año de biodiesel).....	58
Cuadro 22	Proyección de consumos de etanol en el Paraguay	60
Cuadro 23	Importaciones de combustibles mayoritarios versus importaciones totales	60
Cuadro 24	Valores retenidos en función a metas de sustitución de combustibles fósiles por biocombustibles	61
Cuadro 25	Histórico de balanza comercial de bienes, 1995-2006	62
Cuadro 26	Reducción de emisiones y retención de CO2 de biocombustibles, diversas fuentes	68
Cuadro 27	Retención de gases de efecto invernadero (GEI) de biocombustibles	68
Cuadro 28	Manifestaciones de fabricantes de motores diesel sobre uso de biodiesel.....	73
Cuadro 29	Capacidades instaladas y utilizadas de industrias aceiteras	75
Cuadro 30	Capacidad industrial instalada de ingenios de caña de azúcar	76
Cuadro 31	Ubicación y características de plantas de biodiesel en operación y en construcción	77
Cuadro 32	Rangos de productividades agropecuarias esperadas de cultivos tradicionales y alternativos.....	88
Cuadro A-1	Composición de los frutos de acrocomia	108
Cuadro A-2	Utilización de los subproductos.....	108

Índice de mapas

Mapa 1	Mapa de precipitación pluvial anual en Paraguay.....	28
Mapa 2	Zonificación de cultivos de caña de azúcar en Paraguay.....	44
Mapa 3	Zonificación de cultivo de caña de azúcar en Paraguay.....	45
Mapa 4	Ubicación de silos para acopio de granos derivados del CS y arroz.....	74

Índice de figuras

Figura 1	Cadena productiva del cocotero o mbokajá.....	57
Figura 2	Esquema de sistema de distribución de combustibles en el Paraguay	78
Figura 3	Procesos de conversión tecnológicos de biomasa en productos energéticos.....	82
Figura 4	Reacción básica de conversión de aceites vegetales neutros a biodiesel	83
Figura 5	Esquema del proceso de industrialización de la caña de azúcar a alcohol.....	86
Figura A-1	Palmera adulta mostrando frutos y flores.....	107

Resumen

Habiendo analizado cada Eje estratégico relacionado a las condiciones para la producción de biocombustibles en Paraguay, concluimos que existen posibilidades de desarrollo competitivas tanto para biodiesel como para etanol. Actualmente el etanol lleva ventajas técnicas y económicas sustanciales derivadas del aprovechamiento de la cadena de la caña de azúcar, cultivo desarrollado desde hace décadas, sin embargo su mercado nacional inmediato es limitado, por ello, un ulterior desarrollo del sector pasa por el acceso a nuevos mercados internacionales, esto implica un mejoramiento en la eficiencia de la agricultura de la caña si se aspiran niveles de competitividad comparables a otros países.

El desarrollo del biodiesel en forma competitiva depende en gran parte de la realización de nuevos cultivos alternativos perennes más eficientes desde el punto de vista energético y de investigaciones agropecuarias para “domesticar” y mejorar los nuevos rubros. Aunque el camino para la competitividad sostenible del biodiesel es más largo, su importancia estratégica para el sostenimiento de las actividades agropecuarias – el pilar de la economía paraguaya - a futuro (combustible diesel) justifica totalmente apostar por este camino, más aun considerando que la demanda del mercado nacional por sí sola generaría un gran impacto socioeconómico en la población rural más marginada.

En vista del encarecimiento y señales de problemas con la oferta mundial de crudo y la situación de dependencia externa para la provisión de derivados, Paraguay debería definir en la brevedad los planes de sustitución gradual de aquéllos por biocombustibles, dadas sus ventajas competitivas naturales y la gran oportunidad de desarrollar un sector nuevo, de gran importancia socio económica y estratégico a largo plazo para el país. Esto implica la concertación de los actores, tanto públicos como privados, y la posterior formulación y ejecución de planes concretos de acción con roles bien definidos, realistas y medibles en el tiempo.

Introducción

El interés por la producción y uso de los biocombustibles ha alcanzado elevados niveles en todo el mundo en la actualidad, este interés está basado en dos motivaciones principales: la preocupación por el medio ambiente y la continua tendencia al aumento de los precios del petróleo.

Las motivaciones anteriores están a su vez enmarcadas en políticas nacionales o regionales comunes —caso de la Unión Europea— tendientes a la emigración hacia energías renovables (EERR) en la medida posible, esta tendencia, más allá de las motivaciones actuales que la impulsan, es en realidad inevitable si consideramos una escala temporal más amplia, dado que gran parte de la energía primaria mundial actual y sobre todo el sector transporte, está basada en el petróleo y derivados, materia prima físicamente limitada y no renovable¹. Esta transición implica en palabras más sencillas, pasar a vivir de la producción en línea: EERR y no del *stock*: reservas acumuladas en un período de tiempo que debe ser inferior al agotamiento de las fuentes no renovables.

El desafío de lograr esta transición es enorme y seguramente no estará exento de crisis y problemas de difícil resolución, el hecho es que las EERR, a diferencia de los recursos fósiles, dependen en gran medida de la disponibilidad de las energías primarias o secundarias que las generan, las cuales están muy diferentemente distribuidas en el mundo.

Esta situación nos da pie a pensar que posiblemente no será factible una fuente de energía o vector energético dominante en el mundo, como hoy lo es el petróleo, sino es más probable el desarrollo de opciones diferenciadas y más regionales, dependiendo de las ventajas naturales y tecnológicas comparativas de cada región del mundo. Sudamérica en este aspecto se destaca por su alto potencial hidroeléctrico y de biomasa, ventajas naturales que pueden ser aprovechadas

¹ A pesar que para expresar la disponibilidad de recursos fósiles como el petróleo, se utilizan indicadores como “Relación de reservas/Producción = R/P”, que arrojan resultados como 40 años de disponibilidad, en realidad es bastante engañoso ese parámetro, pues no considera el incremento anual en la demanda y además solo se concentra en reservas, que en muchos casos son dudosas, ignorando la realidad física de la diversidad de calidades del petróleo y la dificultad creciente de extracción, además de otras restricciones técnicas y políticas a la explotación de estas reservas. Recientemente el histórico optimismo de la Agencia Internacional de Energía (AIE) ha cambiado hacia una posición más conservadora y hasta preocupada por la cuestión de producción futura de petróleo y la necesidad de transición a EERR, lo que refleja en gran medida lo antedicho.

para generar biocombustibles en volúmenes suficientes para satisfacer las necesidades nacionales de combustibles para sectores estratégicos como la producción agropecuaria y el transporte.

Si bien la experiencia regional Sudamericana y paraguaya es quizá mayor —en el caso etanol— con biocombustibles que el resto del mundo, ésta no está exenta de problemas inherentes a la aun poco desarrolladas cadenas de producción: la intermitencia de la producción anual, falta de optimización de materias primas más convenientes, falta de planeamiento claro de producción actual y futura, ambigüedades en la reglamentación y normas de calidad, falta de coordinación pública-privada, debilidad en ejecución de planes estratégicos realizados para el sector, entre otras.

Por otra parte, es evidente la importancia de la participación del sector privado en la investigación, desarrollo y producción de materias primas más convenientes y en la obtención de los biocombustibles dado el nivel de las inversiones que se requieren para abastecer el mercado nacional y para posibles exportaciones; así como también el rol del Estado de establecer reglas claras para toda la cadena productiva de los biocombustibles que ofrezcan al inversionista garantías para su inversión y además, un producto acorde a normativas de calidad para el mercado de combustibles; asimismo su papel facilitador para la concreción de proyectos de esta naturaleza en los estamentos sociales que carecen de los elementos básicos, tanto físicos como de conocimientos, para ser partícipes en la producción de materias primas.

Dado que además el consumo final de biocombustibles depende en gran medida de la disponibilidad y existencia de cadenas de distribución, se puede afirmar que solo es posible un desarrollo ordenado de los mismos buscando involucrar a todos los actores —tanto públicos como privados— que participan de una u otra manera en los biocombustibles, de modo a concebir y ejecutar acciones racionalmente consensuadas para lograr así un avance real en este sector, tan importante no solo económicamente, sino también estratégicamente a futuro.

Si bien, como veremos más adelante, ya se ha comenzado en el Paraguay con un marco normativo básico y una organización pública-privada que busca cumplir el rol de autoridad que tenga bajo su responsabilidad la dirección y coordinación correspondientes (Unidad de Comando), se puede afirmar que aún falta mucho por realizar para convertir en realidad la idea de que los biocombustibles tengan un papel protagónico en la actividad económica nacional, comparable a otros sectores que hoy día lo tienen.

En los capítulos siguientes se analizarán los ejes en los que se cimienta la cadena de los biocombustibles en el país, tratando de identificar sus status y mostrando las posibilidades de cada sector.

En el último capítulo se mostrarán los resultados más significativos y las tareas a realizar en cuanto al mejoramiento del ambiente de inversiones para los biocombustibles.

I. Eje institucional

A. Información sobre Paraguay

La Ley Suprema del Estado del Paraguay es la Constitución Nacional, sancionada y promulgada en 1992. En la misma, se definen y establecen la forma de organización del Estado y los roles de la administración pública y sus atribuciones.

1. Forma de Estado

República democrática, unitaria y representativa, cuyo gobierno está dividido en tres poderes: Ejecutivo, Legislativo y Judicial.

2. Jefe de Estado

De acuerdo con la Constitución Nacional (1992), el Presidente de la República es elegido por voto universal y secreto para un mandato de cinco años. En las elecciones del 27 de abril de 2003 fue electo el Dr. Nicanor Duarte Frutos como Presidente de la República del Paraguay, asumiendo el cargo el 15 de agosto de 2003, acto que contó con la presencia de altos dignatarios.

La Vicepresidencia de la República es ejercida por el Ing. Luis Castiglioni, cuya función principal es ser nexo entre el Poder Ejecutivo y el Poder Legislativo.

3. Organización política

Parlamento bicameral compuesto por la Cámara de Senadores integrada por 45 miembros y la Cámara de Diputados integrada por 80 miembros, todos electos por voto popular a través de listas nacionales y departamentales, con una duración de mandato de cinco años.

4. Partido gobernante

La Asociación Nacional Republicana (Partido Colorado) se encuentra en el gobierno desde 1947, habiendo mantenido la administración de Alfredo Stroessner durante el período 1954-1989, considerada una de las dictaduras más largas de América.

La oposición está representada en el Congreso por los partidos Liberal Radical Auténtico (PLRA) de centro derecha y el Partido Encuentro Nacional (PEN) de creación en 1992 de centro

izquierda y dos nucleaciones políticas de reciente creación, el Partido País Solidario y el movimiento Patria Querida.

5. Organización del Estado

La división política del país presenta 17 departamentos (provincias), 14 en la región oriental y 3 en la región occidental, en los cuales el gobierno es ejercido por el Gobernador (ejecutivo) y su correspondiente Junta Departamental (legislativo).

Similar forma de gobierno está representada en los municipios en los que el ejecutivo lo preside el Intendente (Alcalde) y el legislativo lo ejerce la Junta Municipal.

6. Organización actual de poderes y organismos públicos

a) Poder ejecutivo

- Presidencia de la República
- Secretaría Técnica de Planificación (STP)
- Secretaría Nacional de la Reforma del Estado
- Secretaría Nacional de Turismo
- Secretaría del Ambiente (SEAM)
- Programa para el Desarrollo Sostenible

b) Ministerios

- Ministerio de Industria y Comercio (MIC)
- Ministerio de Hacienda
- Ministerio de Salud Pública y Bienestar Social
- Ministerio de Obras Públicas y Comunicaciones (MOPC)
- Ministerio de Relaciones Exteriores
- Ministerio de Educación y Cultura
- Crédito Agrícola de Habilidadación
- Tribunal Superior de Justicia Electoral

c) Poder legislativo

- Cámara de Senadores
- Cámara de Diputados

d) Poder judicial

- Poder Judicial

e) Organismos públicos

- Red de Inversiones y Exportaciones (REDIEX)
- Banco Central del Paraguay (BCP)
- Superintendencia de Bancos
- Comisión Nacional de Telecomunicaciones (CONATEL)
- Dirección de Censos y Estadísticas Agropecuarias (DCEA)
- Comisión Nacional de Valores (CNV.)

B. Instituciones públicas vinculadas a la actividad biocombustibles

La administración y control de la energía en general, que incluye a los combustibles sólidos, líquidos y gaseosos es llevada por el poder ejecutivo por medio de los ministerios correspondientes. El caso de los biocombustibles abarca también el ámbito de la agricultura, diferenciándose de otros combustibles y vectores energéticos.

Se pueden mencionar al Ministerio de Industria y Comercio (MIC) en mayor medida, el Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG), y el Ministerio de Obras Públicas y Comunicaciones (MOPC).

1. Ministerio de Obras Públicas y Comunicaciones (MOPC)

Participa de la actividad, a través de la repartición Gabinete del Viceministerio de Minas y Energía. La Ley que define las funciones específicas del MOPC y del citado gabinete es la Ley 167². Las funciones específicas del Viceministerio de Minas y Energías se citan como sigue:

- **“Art. 25: El Gabinete del Viceministro de Minas y Energía tendrá a su cargo:**
 - a) Establecer y orientar la política referente al uso y el manejo de los recursos naturales minerales y energéticos;
 - b) Estudiar los aspectos técnicos, económicos, financieros y legales para promover el aprovechamiento industrial de los recursos disponibles en el país; y,
 - c) Fiscalizar sobre el uso adecuado de los recursos correspondientes a sus funciones”.

El ámbito específico de energía en el Viceministerio está a cargo de la Dirección de Recursos Energéticos. Las funciones específicas son:

- **“Art. 28: La Dirección de Recursos Energéticos tendrá las siguientes funciones:**
 - a) Estudiar, identificar y proponer las alternativas de energía de acuerdo a las necesidades actuales y potenciales de consumos del país;
 - b) Considerar en todos sus aspectos el desarrollo energético nacional e internacional disponible en la materia, sean estos convencionales o no convencionales; y,
 - c) Proponer políticas, reglamentaciones y aplicaciones que sean de interés al desarrollo nacional, orientando sobre el mejor uso de las disponibilidades al respecto”.

² Denominación: que aprueba con modificaciones el Decreto-Ley N° 5 de fecha 27 de marzo de 1991 “que establece la estructura orgánica y funciones del Ministerio de Obras Públicas y Comunicaciones”.

2. Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG)

La participación del MAG es evidente en lo que respecta a todo lo referente a materias primas para biocombustibles. Pasamos a citar la misión y los objetivos del MAG.

a) Misión del MAG

Asegurar el desarrollo sustentable del sector agropecuario y forestal, contribuyendo a mejorar las condiciones sociales y económicas de la población.

b) Visión del MAG

El sector agropecuario desarrollado en forma integral sostenible y sustentable, en condiciones económicas y sociales mejoradas.

El desempeño institucional se basó en el Plan de Desarrollo Agrario y Rural 2003-2008 presentado por el Gobierno del Dr. Nicanor Duarte Frutos, cuyos ejes programáticos son:

- Crecimiento económico y sostenible;
- Combate a la pobreza y la exclusión social;
- Defensa del medio ambiente;
- Modernización de la administración pública.

3. Ministerio de Industria y Comercio (MIC)

a) Misión

- Liderar el proceso de desarrollo sostenible; establecer políticas claras, orientadas al fortalecimiento del sector industrial, comercial y de servicios.
- Propiciar la reconversión económica del país, a fin de armonizar los intereses de los diferentes sectores productivos, facilitando la distribución, circulación y consumo de los bienes de origen nacional.
- Promover el comercio interno y externo, en un marco de libre competencia, fomentando las prácticas leales de comercio y velando por la defensa de los derechos del consumidor y la propiedad intelectual.

b) Funciones

- Adoptar, en coordinación con otros organismos oficiales, la política económica más conveniente a la Nación, relacionada con las fuentes de abastecimiento de bienes y servicios, con el volumen y calidad de la demanda actual de los mismos, y en previsión de la futura, con la comercialización de dichos bienes y servicios.
- Formular planes y programas de desarrollo industrial y comercial incorporando nuevas tecnologías, preservando el medio ambiente.
- Promover, proteger y fomentar la actividad industrial propiciando el desarrollo de nuevos productos dirigidos a satisfacer la demanda interna y a los mercados externos.
- Fomentar el mejor aprovechamiento del capital, los recursos humanos y naturales del País a través de la industrialización y la creación de nuevas empresas industriales, comerciales, de servicios, canalizando la asistencia gubernamental.

c) Objetivos

- Fomentar la producción industrial mediante la instalación de nuevos establecimientos y el mejoramiento de los existentes.
- Facilitar la distribución, circulación y consumo de los bienes de origen nacional y promover el incremento del comercio interno y externo, en un marco de libre competencia, fomentando las prácticas leales de comercio y velando por la defensa de los derechos del consumidor y la propiedad intelectual.

C. Breve reseña del desarrollo del sector combustibles y biocombustibles en el Paraguay

La Ley N° 904 de 1963, que establece las funciones del MIC, y las facultades para el cumplimiento de sus fines contempla la promoción para la formación y el fomento del desarrollo de la industrias básicas, como las de combustibles sólidos y líquidos.

Durante el año 1985 por Ley 1.182; fue creada la empresa estatal Petróleos Paraguayos (PETROPAR) teniendo como objetos y funciones, la de industrializar el petróleo y sus derivados, el transporte almacenamiento, refinación, distribución de hidrocarburos y sus derivados, entre las más importantes del *downstream*.

Inaugurada la era democrática, y como una de las primeras medidas, el MIC, por Resolución del N° 69 de 1989, asignó a PETROPAR la responsabilidad de las operaciones técnicas y administrativas de la planta productora de etanol, propiedad de la Administración Paraguay de Alcoholes (APAL), localizada en la ciudad de Mauricio José Troche, a unos 168 km al este de Asunción.

Ya en el año 1999 el Decreto N° 2.162, establece la mezcla de etanol absoluto con las gasolinas a ser comercializadas en el territorio paraguayo. La mezcla de etanol es establecida en una proporción de hasta el 20%, con las gasolinas, con la excepción de las gasolinas súper sin plomo de 97 octanos o superiores. Durante el mismo año, el Decreto N° 2.266 amplía el plazo de la entrada en vigencia hasta el 30 de abril de 1999.

En el 2000 por Decreto N° 10.183 del año 2000, el Ejecutivo permitió la libre importación, exportación y comercialización de gasolinas (naftas) a las empresas privadas distribuidoras de combustibles, siempre a través de la autorización del MIC.

Ya el siguiente año, con la promulgación del Decreto N° 12.111/2001; fue creado el grupo de trabajo encargado de estudiar la factibilidad técnica y económica del *biodiesel*, instrumentándose desde el ejecutivo, el proceso para el desarrollo del *biodiesel*. De acuerdo al decreto, un equipo coordinado por el Viceministerio de Minas y Energía del MOPC, inició el proceso para la incorporación del *biodiesel* en la matriz energética nacional, cuyo objetivo estaba dirigido fundamentalmente a sustituir una parte de las importaciones de *diesel oil*.

A fines del año 2004, el Decreto N° 4.328, aprueba el Plan Nacional de Exportaciones y crea la Red de Inversiones y Exportaciones (REDIEX), como una organismo en el MIC, para incentivar las inversiones y fomentar las exportaciones competitivas, conjuntamente con el sector privado y las universidades. La Mesa de Biocombustibles fue creada para concentrar el esfuerzo de los actores involucrados, sectores públicos y privados que participan en biocombustibles — mejorar la competitividad de las exportaciones.

1. Mesa sectoriales REDIEX, su funcionamiento

Cada mesa sectorial está presidida por un representante del sector privado, y están integradas por instituciones públicas, privadas y las universidades, que están relacionadas directamente con el sector. La mesa sectorial trabaja diseñando estrategias para el mejoramiento de la competitividad del sector y de las empresas dentro del mismo, buscando identificar los cuellos de botella para

luego resolverlos con consistencia y en conjunto entre todos los actores, llegando a establecer metas de producción y exportación concretas.

Los representantes de las instituciones que conforman las mesas sectoriales firman un Convenio de Competitividad Exportadora, en el cual se establecen las metas exportadoras, los mejoramientos necesarios para lograr dicha metas y también los responsables de ejecutar las diferentes actividades necesarias. Este proceso es monitoreado por el Plan Nacional de Exportación y notificado bimensualmente al Presidente de la República.

Las empresas o grupos de empresas pertenecientes a las mesas sectoriales son a su vez potenciadas en su proceso de internacionalización mediante proyectos cofinanciados por el Plan Nacional de Exportación. Están orientados a realizar inteligencia y prospección de mercados, participación en ferias, adaptación de productos y otros temas relacionados con el esfuerzo exportador de las empresas. El Presidente de cada mesa sectorial, perteneciente al sector privado, brindará informes de las acciones y los resultados cada seis meses, de tal modo que toda la sociedad paraguaya conozca y dé seguimiento al proceso.

Vale mencionar que la Mesa de Biocombustibles cuenta con la participación de representantes de los gremios empresariales: Federación de Cooperativas de Producción (FECOPROD) Ltda.; Cámara Paraguaya de Exportadores de Cereales y Oleaginosas (CAPECO); Centro Industrial de Caña y Alcohol (CICAL); Asociación de Productores de Aceites Vegetales; Cámara Paraguaya del Alcohol, y Cámara Paraguaya de *Biodiesel*. También, los representantes de los ministerios de Obras Públicas (Viceministerio de Minas y Energías), Agricultura y Ganadería, y de Industria y Comercio, así como la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de Asunción (UNA). Cuentan también con delegados de PETROPAR, Instituto Nacional de Tecnología y Normalización (INTN), Secretaría del Ambiente (SEAM), Agencia Financiera de Desarrollo (AFD), y otros.

La Mesa de Biocombustibles busca ser un espacio unificador de estrategias y acciones a tomar a través del consenso entre los participantes y además un nexo entre el sector biocombustibles del Paraguay y el ambiente de negocios internacional interesado en invertir y desarrollar proyectos en el país.

D. Legislación de biocombustibles

Se puede sostener que ya existe un marco legal que respalda la producción y el consumo de biocombustibles en el país.

En el año 2005, fue aprobada la Ley 2.748 de “Fomento de los Biocombustibles”, la cual declara de interés nacional su producción, las materias primas para su manufacturación y el uso del mismo en todo el territorio nacional. La misma atribuye al MIC, la autoridad reguladora de los biocombustibles y al MAG la de promover la producción de materias primas de origen vegetal y animal, para los biocombustibles, así como la emisión de certificados de origen.

Ya en el 2006, el Decreto N° 7.412 reglamentada la referida Ley de Biocombustibles y establece las especificaciones técnicas que con carácter obligatorio deberá cumplir el *biodiesel*. Así mismo establece que el Viceministerio de Comercio, órgano dependiente del MIC, será quien autorice y apruebe a personas físicas o jurídicas que se dediquen a la producción y venta de biocombustibles.

Por último, existen varias instituciones del Estado que cuentan con dependencias dedicadas en mayor o menor medida a los biocombustibles, tanto para la investigación, estudio o promoción. De lo que se destaca la necesidad de una autoridad única, para las actividades del sector energético, para coordinar políticas, estratégicas y metas en el sector estatal.

II. Eje energético

A. El papel del Estado en el sector energético

El marco institucional del sector energético del Paraguay se caracteriza por: (i) participación del Estado como autoridad y como empresario, y (ii) dispersión institucional, principalmente de las empresas estatales.

El Estado efectúa la gestión empresarial en los subsectores de energía eléctrica y en el de hidrocarburos. En el caso del subsector de energía eléctrica, la empresa estatal Administración Nacional de Electricidad (ANDE) ejerce el monopolio legal del servicio público de electricidad. En el subsector hidrocarburos, PETROPAR posee la autorización para la industrialización del petróleo y el monopolio legal en la importación de petróleo crudo y *diesel oil*. Las actividades de prospección y exploración son concedidas por el Estado a empresas privadas extranjeras y nacionales por tiempo definido.

La creación de la Subsecretaría de Minas y Energía (Actualmente Gabinete del Viceministro de Minas y Energía) en 1990, como organismo dependiente del MOPC, fue el primer paso para facilitar la coordinación sectorial. La Ley 167/93, otorga al Gabinete del Viceministro de Minas y Energía (GVME) el perfil de institución rectora del sector energético nacional.

El GVME está trabajado por consolidar su posición de institución rectora del sector energético. Muestra de ello son los avances en las coordinaciones interinstitucionales e intersectoriales, específicamente en lo que toca al desarrollo de determinados proyectos, y la condición dada por el Gobierno Nacional al MOPC a través del GVME como representante de los intereses del Estado del Paraguay en el sector de la energía ante diversos organismos y foros internacionales, entre ellos, la Organización Latinoamericana de Energía (OLADE) y el subgrupo N° 9 “Minería y Energía” del Mercado Común del Sur (MERCOSUR). Con todo, existen todavía ajustes de orden legal que deben ser realizados para establecer una estructura institucional más integrada y coherente.

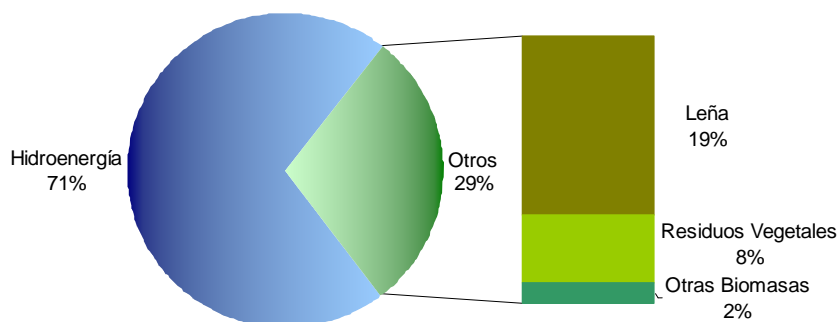
B. Características de la demanda de energía

De acuerdo al Balance Energético Nacional 2006 del Paraguay, la producción de energía primaria está compuesta exclusivamente por fuentes renovables de energía (hidroenergía y biomasa

tradicional). A pesar de los esfuerzos realizados en los últimos años por el Viceministerio de Minas y Energía en la prospección y exploración de hidrocarburos, a través de las empresas concesionarias, aún no se producen hidrocarburos y la producción de gas natural es de carácter local y marginal y no representa, por el momento, aporte a la matriz energética nacional.

La oferta interna bruta (OIB) de energía primaria en el año 2006 oscila los 7.643 miles de (toneladas equivalentes petróleo (TEP)), siendo en su totalidad energía renovable³, de los cuales el 71% aproximadamente corresponde a hidroenergía. La biomasa representa el 29%, unos 2.203 miles de TEP. La leña representa 1.490 miles de TEP, o bien el 19%, que es utilizada principalmente para la generación de calor en los sectores industrial y comercial, la cocción de alimentos en el residencial y en las carboneras para la producción de carbón vegetal. Los residuos vegetales, totalizan 575 miles de TEP, un 8%, que corresponden a los desechos de la producción agrícola y forestal. En otras biomásas, que corresponde a la caña dulce utilizada para la elaboración de alcohol carburante en las destilerías, correspondiendo a la OIB, 165 miles de TEP, un 2%.

GRÁFICO 1
OFERTA BRUTA DE ENERGÍA PRIMARIA EN PARAGUAY
(En porcentajes)

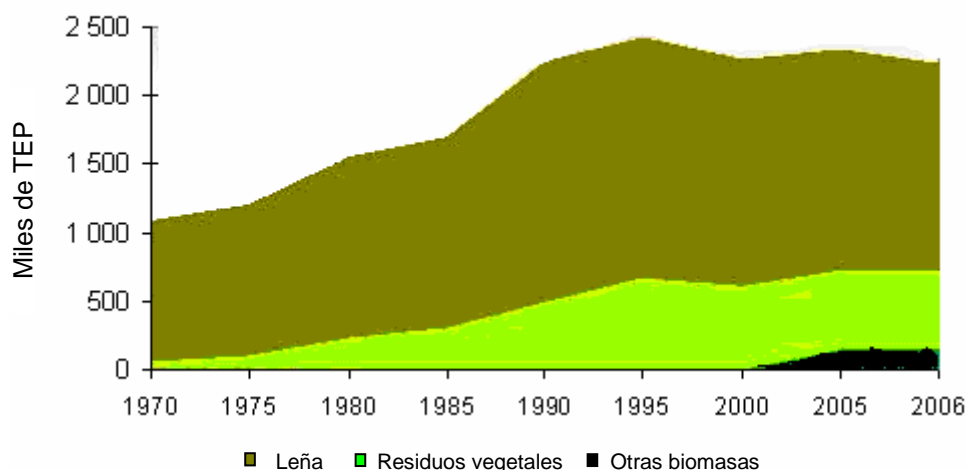


Total: 7642,5 miles de TEP

Fuente: Balance Energético Nacional (BEN), Viceministerio de Minas y Energía, 2006.

³ La importación de carbón mineral 140 TEP para uso no energético en la industria siderúrgica es considerada exigua.

GRÁFICO 2
EVOLUCIÓN DE LA OFERTA INTERNA BRUTA DE LA BIOMASA TRADICIONAL
(En miles de thermo-electric power (TEP) por año)



Fuente: Balance Energético Nacional (BEN), Viceministerio de Minas, 2006.

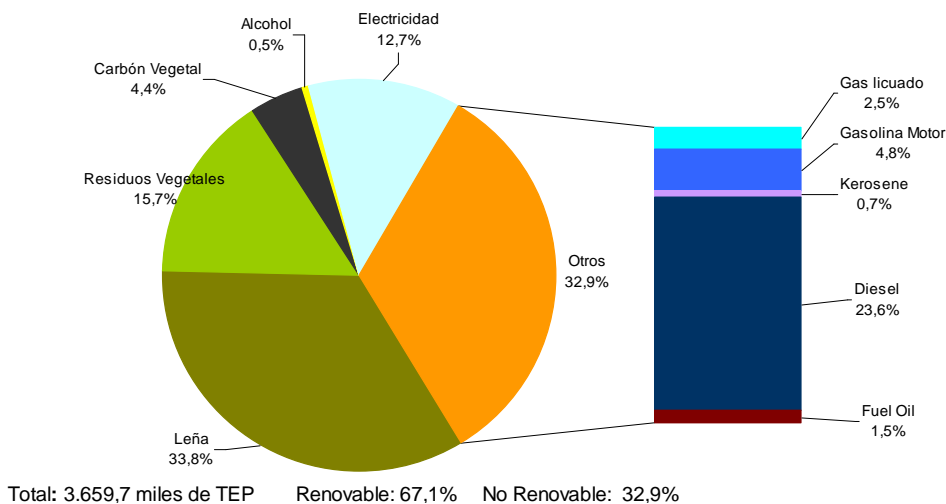
El consumo final de energía ha reflejado históricamente, características que se ajustan al perfil socioeconómico del país: preeminencia de población rural y un modelo de producción basado en el sector agropecuario.

De este consumo final, el 67,1% lo representan las EERR, y tan solo los el 32,9% corresponden a energías no renovables, siendo exclusivamente, los derivados del petróleo. Estos son importados mayoritariamente de los países limítrofes, Argentina y Brasil, el resto, del mercado *spot* internacional.

C. Matriz energética del Paraguay

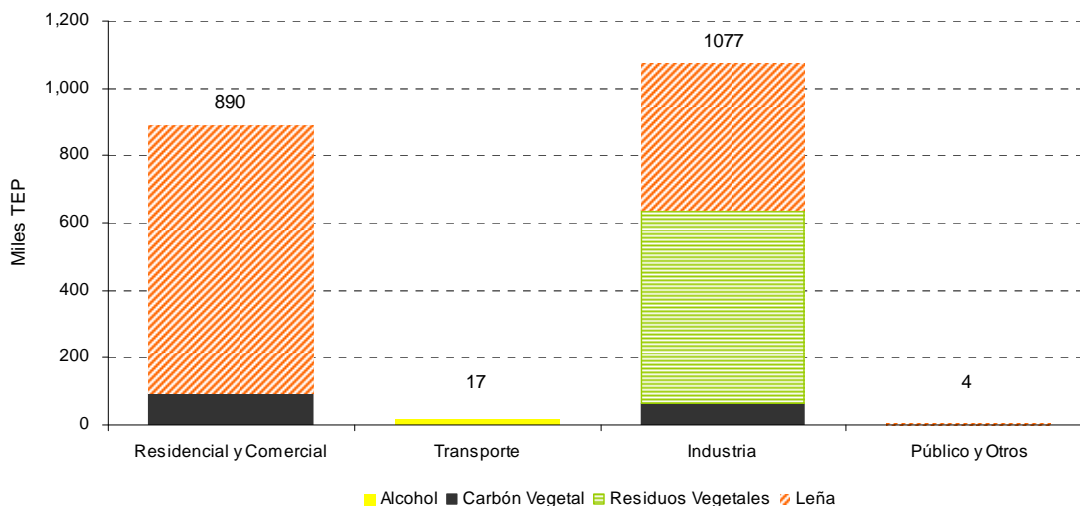
En el caso del consumo final por sectores, la biomasa tradicional principalmente leña, carbón vegetal y residuos vegetales, esta presentan en prácticamente todos los sectores: el industrial, consume el 35,5% de la leña, la totalidad de los residuos vegetales y un 39,8% de carbón vegetal; los sectores residencial y comercial, el 64,2% de la leña, y el 60,2% de carbón vegetal; ya el transporte, consume la totalidad del alcohol etílico y por último, el sector público y otros el 0,3% de la leña.

GRÁFICO 3
CONSUMO FINAL DE ENERGÍA EN EL PARAGUAY
(En porcentajes)



Fuente: Balance Energético Nacional (BEN), Viceministerio de Minas, 2006.

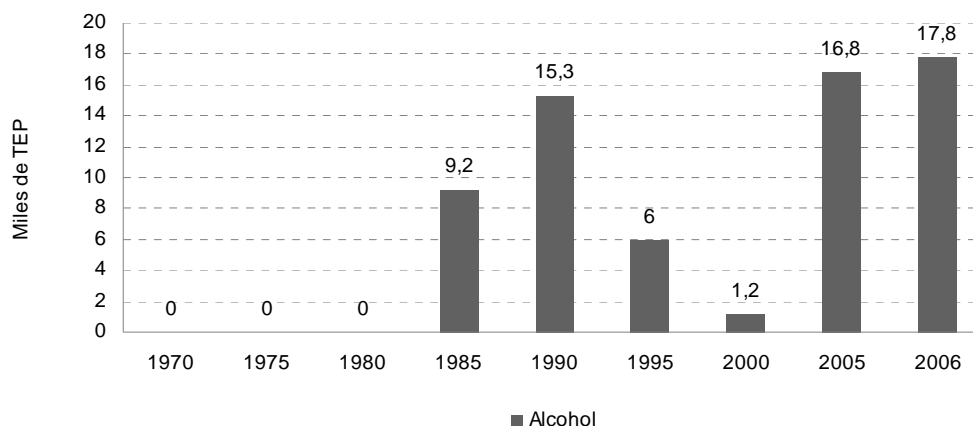
GRÁFICO 4
CONSUMO FINAL DE BIOMASA SECTORIZADO
(En miles de TEP)



Fuente: Balance Energético Nacional (BEN), Viceministerio de Minas, 2006.

En los últimos años, el consumo de alcohol, ha retomado el crecimiento histórico, luego de los bajos precios del petróleo a fines de los años noventa e inicios de la década siguiente, desde la óptica económica hacían de este energético poco competitivo. Para los próximos años, se prevé una oferta mayor, teniendo en cuenta que la entrada en operación de la ampliación de la Planta de Mauricio José Troche, de propiedad de PETROPAR.

GRÁFICO 5
HISTÓRICO DE CONSUMO DE ALCOHOL CARBURANTE EN EL PARAGUAY.
 (En miles de TEP)



Fuente: Balance Energético Nacional (BEN), Viceministerio de Minas, 2006.

Para el caso del *biodiesel* y a pesar de que su producción se realiza desde hace varios años, en los registros en el Balance Energético Nacional no están contemplados hasta la edición del año 2006.

D. Opciones de abastecimiento futuro para aseguramiento de matriz energética

1. Energía eléctrica

La disponibilidad de energía eléctrica en el país de origen hidráulico hace de este recurso una fuente abundante que asegura la provisión al país en las próximas décadas. Además, se tiene previsto el ingreso en diciembre de 2012 de la Central Hidroeléctrica de Yguazú⁴, con una capacidad total de generación de 200 MW con dos unidades de 100 MW cada una, a ser despachada en horario de punta. La totalidad de la necesidad de generación eléctrica, provendrá de las centrales de hidrogenación en los próximos 20 años.

Para el año 2016, se prevé un parque de hidrogenación de 9.756,1 mega watts (MW)⁵, siendo la demanda total del Sistema Nacional Interconectado de 2.524 MW para un escenario de crecimiento medio de acuerdo al Plan Maestro de Generación y Transmisión de Medio Plazo (2012-2016) de la ANDE.

Se colige que en el mediano plazo y gran parte del largo plazo, la generación de electricidad, no necesitará de inversiones para acompañar los requerimientos del mercado eléctrico paraguayo.

2. Petróleo y derivados

En los últimos años y a pesar de que la importación de combustibles esta liberalizada, el gran porcentaje de *diesel oil* es importado por la Empresa Estatal PETROPAR y un mínimo es realizado por Ultrapar Participações S.A., derivados son importados, principalmente por empresas privadas del sector de acuerdo a sus requerimientos.

⁴ Plan Maestro de generación y transmisión, período: 2012-2016.

⁵ Plan Estratégico del Sector Energético de la República del Paraguay, 2005-2013.

Teniendo en cuenta la mediterraneidad del Paraguay, los costos de transporte, tanto fluvial, y carretero son elevados, limitando la competitividad de los precios de los combustibles, comparados con otros países de la región, sin embargo, debido al control estatal del mercado del *gasoil* en cuanto a precios ‘en boca de surtidor’, los precios finales al consumidor pueden llegar a ser menores que en países limítrofes con mercados liberalizados.

La fijación de precios del *diesel oil* la realiza el Equipo Económico Nacional⁶ de acuerdo a solicitud de PETROPAR, primando muchas veces criterios políticos en detrimento al desempeño económico de PETROPAR, dándose el caso de períodos de pérdida operativa por la diferencia de costos de PETROPAR con el precio de venta del *gasoil* (subsidio).

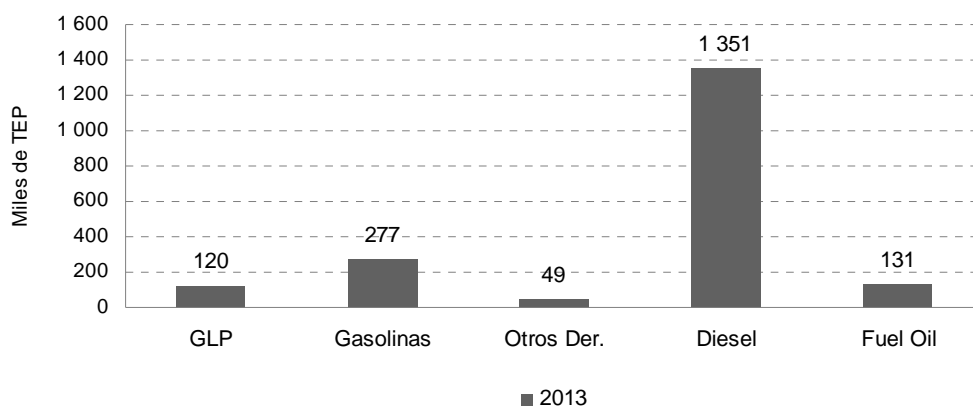
Paraguay utiliza puertos tanto en la República Argentina, del Brasil y Uruguay para embarcar, y desembarcar sus exportaciones e importaciones las que son transportadas por los Ríos Paraná y Paraguay en barcos de menor envergadura (convoyes de barcazas), hasta los puertos paraguayos. Se cuenta con puertos francos.

El suministro de petróleo crudo y combustibles derivados viene principalmente de Argentina, Brasil y Venezuela, para el caso de *diesel oil*. Algunos embarques de naftas se realizan desde Bolivia, mediante la ejecución de contratos con varias empresas que operan en el mercado internacional y constituyen la fuente de abastecimiento de combustibles que PETROPAR comercializa, sin llegar al consumidor final.

Teniendo en cuenta que PETROPAR abastece sus necesidades de derivados solo para el corto plazo, y las empresas privadas en el cortísimo plazo, la provisión de combustibles al Paraguay será principalmente de países vecinos y Venezuela por el Acuerdo Energético.

Para el año 2013, y de acuerdo al Plan Estratégico, el principal combustible derivado del petróleo, continuará siendo el *diesel oil*, con 1.351 miles de TEP, seguido por la gasolina con 277 mil TEP.

GRÁFICO 6
PROYECCIÓN CONSUMO DE DERIVADOS DEL PETRÓLEO EN PARAGUAY
(En miles de TEP)



Fuente: Plan Estratégico del Sector Energético de la República del Paraguay, 2005-2013.

En síntesis, el plan estratégico del sector energético a mediano y largo plazo en lo relativo a combustibles líquidos para el transporte (*diesel* y gasolinas) presupone el abastecimiento sin

⁶ Integrado por: Presidente de la República, Ministros del Gabinete, Gerentes de Organismos Públicos ya citados.

restricciones de ningún tipo vía importación de terceros países, como se ha hecho hasta el presente y aun no tiene en cuenta ni prevé el posible aporte de los biocombustibles.

Suponemos que habida cuenta que este plan fue elaborado antes del 2005, aun no se habían considerado los biocombustibles ni tampoco el Viceministerio de Minas y Energía —coautor del plan— había participado en las deliberaciones de la Mesa de Biocombustibles, donde fueron fijadas las metas de sustitución expuestas más adelante.

3. Biomasa tradicional

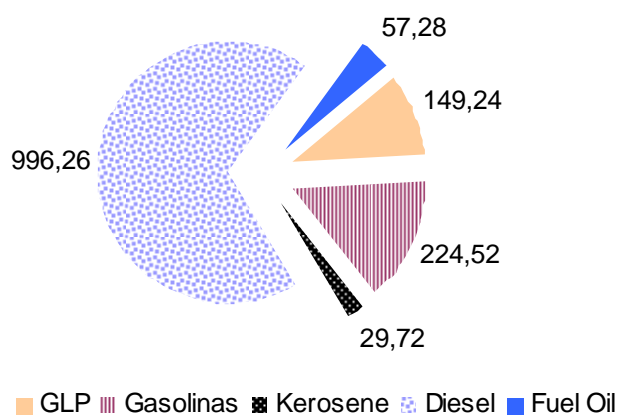
La biomasa, para uso directo como la que es utilizada para su conversión a alcohol, tiene una tendencia a disminuir la participación en la matriz energética nacional, por un lado por la sustitución de combustibles, manteniendo en el mediano plazo su importancia como fuente renovable nativa.

Hasta la fecha, la reforestación para usos energéticos en el Paraguay, es mínima, muy por debajo de los requerimientos del país, haciendo la explotación de este recurso nacional, poco sostenible en el tiempo.

E. Metas de sustitución de biocombustibles adoptadas

- Consumo de combustibles fósiles en el país

GRÁFICO 7
DISTRIBUCIÓN DE CONSUMO DE DERIVADOS DE PETRÓLEO EN PARAGUAY.
(En miles de metros cúbicos)



Fuente: Balance Energético Nacional (BEN), Viceministerio de Minas, 2006.

De acuerdo a la Resolución N° 235/07 del MIC, se fija la mezcla de *biodiesel*, en un porcentaje mínimo del 1% (B1) hasta el 31 de diciembre de 2007, 3% (B3) durante el 2008 y 5% (B5) en el año 2009.

La Resolución del MIC 235/07; establece la mezcla de gasolinhas y alcohol absoluto en el mínimo de 18% y un máximo de 24%, para las gasolinhas de 95 octanos o menos.

Basándonos en el consumo final de diesel (*gasoil*) y gasolinas, las metas de producción serían las siguientes:

No debe perderse de vista de que si bien se establecen las citadas metas, las mezclas sólo son efectivas en caso de que exista una producción efectiva y competitiva de biocombustibles⁷. En otras palabras, solo es obligatoria la mezcla si los mismos están disponibles y a los precios acordados con PETROPAR, en caso de que los costos de los biocombustibles sean superiores a éstos, no existe obligación de compra por parte de PETROPAR.

CUADRO 1
METAS DE MEZCLA DE BIOCOMBUSTIBLES PROPUESTAS
(En porcentajes y metros cúbicos)

Biocombustible (%)	1	3	5	18	24
Biodiesel (m3)	9.900	29.800	49.813	-	-
Etanol (m3)	-	-	-	40.400	53.800

Fuente: Elaboración propia en base a metas citadas y consumos de combustibles del año 2006

Esto último significa que en la práctica la producción de biocombustibles solo es competitiva en el Paraguay en el caso de poseer costos menores al de los precios de combustibles fósiles importados por PETROPAR.

⁷ Art. 14, incisos a) y b) Decreto Reglamentario N° 7.412/06, por el cual se reglamenta la Ley N° 2.748/05, “de fomento de los biocombustibles”.

III. Eje agrícola

A. Recursos naturales

La República del Paraguay se sitúa en América del Sur, entre los meridianos 54°19' y 62°38' de longitud oeste y, entre los paralelos 19°18' y 27°3' de latitud sur. Cuenta con una superficie de 406.752 km² con una población mayor a cinco millones de habitantes. Limita al norte con Brasil y Bolivia, al este con Brasil y Argentina, al sur con Argentina y al oeste con Bolivia. El trópico de Capricornio atraviesa la parte media del territorio nacional, según algunos autores el clima es subtropical (templado cálido).

Entre sus características naturales más sobresalientes se detecta el ser un país mediterráneo, con salida al mar a través del Río Paraguay y Río de la Plata, no posee montañas y los picos más elevados no sobrepasan los 800 metros sobre el nivel del mar. El sistema orográfico comprende la cordillera de los Altos, *Caaguazú*, *Amambay* y *Mbaracayú*. La de *Caaguazú* divide a la región oriental en dos cuencas: la del Río Paraná y la del Río Paraguay.

El Río Paraguay, que corre de norte a sur, divide al país en dos regiones ecológicamente bien diferenciadas. La región occidental o Chaco con una superficie de 246.925 km², que representa el 61% del territorio nacional, registrando una muy baja densidad poblacional, con apenas el 3% de la población total, mientras que en la región oriental, con una superficie de 159.827 km², que representa el 39% del territorio nacional, concentra el 97% de la población.

El Paraguay Occidental está formado por una planicie aluvional con una topografía plana en toda su extensión; presenta condiciones de extrema seguridad y su subsuelo impermeable hace que sean inundables gran parte de las riberas de los ríos Paraguay y Pilcomayo. Las precipitaciones pluviales varían de un promedio anual de 400 mm en el extremo noreste hasta un máximo de 1.200 mm en la ribera del río Paraguay con temperaturas promedio anuales de 25°C.

El Paraguay Oriental es regado por numerosos cursos de agua y registra las mayores precipitaciones, las que van desde 1.200 mm a 1.800 mm anuales. El relieve es en general ondulado, con algunas cordilleras ubicadas en el este y grandes llanuras en la región central. Temperaturas promedios anuales de 21° C y heladas menores a 0°C (en los meses de junio a septiembre); presenta suelos residuales, profundos y bien desarrollados. Ambas regiones y de acuerdo a diferentes autores, le confieren al Paraguay una importante variedad de unidades ecológicas y rica biodiversidad (florística y faunística).

Ecológicamente (SINASIP, 1992), el Paraguay ha sido estudiado desde diferentes puntos de análisis. Así Holdrich, en 1969, identificó dos zonas de vida para el Paraguay: El bosque seco templado cálido (Chaco) y el bosque húmedo templado cálido (región oriental). Tortorelli (1975), identificó nueve formaciones forestales para todo el país. Adámoli (1985), identificó nueve unidades ecológicas para el chaco paraguayo. El Centro de Datos para la Conservación (CDC) determinó la existencia de seis ecorregiones para la región oriental. A nivel internacional los autores Cabrera y Willink (1973), indican que tres provincias biogeográficas confluyen para el Paraguay: Provincia del Cerrado; Provincia Paranaense y Provincia Chaqueña. Udvardy (1982), identifica tres regiones biogeográficas para el país: el bosque lluvioso brasileño, los campos cerrados y el gran chaco. Así también se han identificado numerosas formaciones de praderas naturales.

1. Recurso clima

El Paraguay cuenta con un clima tropical y se caracteriza por temperaturas medias anuales del aire que oscila entre 20° y 25°C y cantidades de precipitación pluvial que van de alta a moderada, principalmente durante los meses de verano. Sin embargo, se observa gran variabilidad climática: el noroeste del Chaco es del tipo semiárido, tornándose subhúmedo y magatermal con vegetación de sabana en la cuenta chaqueña del río Paraguay y noroeste de la región oriental, y húmedo mesotermal en el resto de la región oriental, con índices máximos de humedad en los departamentos de Alto Paraná, *Itapúa* y *Canindeyú*.

a) Vientos

El país se encuentra bajo la influencia del anticiclón subtropical del Océano Atlántico. Este sistema básico, cuyo centro oscila estacionalmente entre 20° y 30° sur, es el responsable del transporte de masas de aire húmedo y cálido desde bajas latitudes sobre el país, como consecuencia de la circulación de vientos dominantes del noreste y del norte.

Esta situación se ve perturbada en los meses invernales por la entrada de frentes fríos que transportan masas de aire frío y seco a través de vientos del sur, siendo los del sureste y este de transición entre estos dos sistemas que afectan al país. Otros sistemas importantes son de meso-escala, como las líneas de turbonada y tormentas aisladas que producen vientos variables y de gran intensidad.

b) Temperaturas

Por efectos de continentalidad, pese a la escasa extensión territorial y homogeneidad topográfica, el país experimenta fuertes variaciones espaciales y temporales de la temperatura. La temperatura media anual oscila entre 21°C en el sudeste de la región oriental a más de 25°C en el centro y norte del Chaco.

2. Recursos hídricos y uso de agua para riego⁸

El Paraguay es un país con gran riqueza hídrica de aguas superficiales y subterráneas, con un generoso régimen pluvial, con condiciones climáticas muy favorables y con apreciable potencial de desarrollo por su disponibilidad de recursos naturales. La región paraguaya más favorecida en términos hídricos es el oriente, comprendido entre los ríos Paraná al oriente y el Paraguay al occidente, puesto que coinciden láminas considerables de lluvia anual, con abundancia de aguas superficiales y con aguas del subsuelo con condiciones atractivas por profundidad, cantidad y calidad.

⁸ Iniciativa para la gestión integrada de los Recursos Hídricos del Paraguay <[www.foroagua.org.py /recursos.html](http://www.foroagua.org.py/recursos.html)>

Paraguay pertenece en su totalidad a la gran cuenca del Río de la Plata, una de las corrientes de mayor envergadura en el hemisferio americano, así como en todo el orbe, por la extensión, por los caudales que produce, y por sus recursos naturales. Las cuencas de los ríos Paraguay y Paraná son la más importante del sistema del Plata.

Las cuencas de los ríos Paraguay y Paraná son la más importante del sistema del Plata, con un área de drenaje de 2.605.000 km² que representa el 84% del total de la Cuenca del Plata. Del total de la cuenca, el Paraná representa el 58%, con una superficie de 1.510.000 km² y el Paraguay el 42% con 1.095.000 km². El Paraná es el principal río de la cuenca, por su extensión y magnitud de los caudales que presenta, mientras que el río Paraguay es su principal tributario.

El sistema fluvial Paraguay, Paraná es una hidrovía comercial estratégica que conecta el interior de América del Sur con los puertos de agua profundas en el tramo inferior del río Paraná y en el Río de la Plata. De más de 3300 km de largo desde su nacimiento en Cáceres, Brasil hasta el extremo final en el delta del Paraná, la hidrovía proporciona acceso y sirve como importante arteria de transporte para grandes áreas de Argentina, Bolivia, Brasil, Uruguay y Paraguay, cuando se emprendan y concluyan los mejoramientos de navegación, se impulsará el desarrollo económico de esta zona y aumentará el potencial exportador de los principales productos de la región.

El Paraguay no solo cuenta con amplios recursos de aguas superficiales, sino también posee una gran riqueza volumétrica de aguas subterráneas, si bien es cierto que en las regiones occidentales, esta agua presenta, en buena proporción, contenidos significativos de sales. Se encuentra comprendido entre las provincias hidrográficas Pantanal Chaco que abarca toda la región occidental Chaco y parte de la oriental, y Paraná que constituye una de las reservas de agua subterránea de mayor envergadura de Sudamérica.

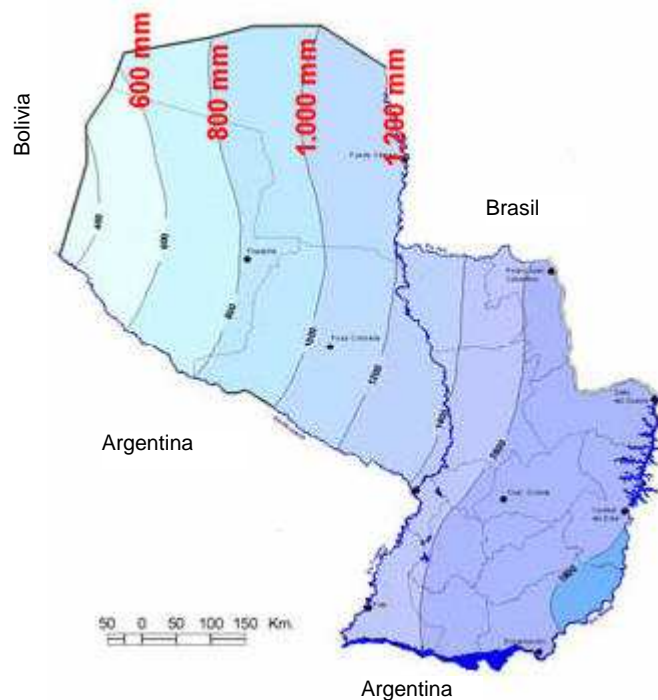
La disponibilidad del agua en el Paraguay es superior a la disponibilidad media en los demás continentes y ocupa el tercer lugar en Latinoamérica luego de Guyana y Surinam. Esta disponibilidad es de aproximadamente 63.000 m³/hab/año. Al considerar las dos regiones como unidad de análisis, se destaca el déficit de la región occidental o chaqueña, debido a la mala distribución temporal y espacial de la poca agua de precipitaciones. Se suman las restricciones en cuanto al uso del agua subterránea por su condición salina y salobre.

El Paraguay es en Latinoamérica, uno de los países con mayor abundancia de agua. Esto permitiría suponer que, a diferencia de otras zonas menos dotadas, el agua no será un factor limitante del desarrollo. Sin embargo una visión más detallada de la realidad paraguaya muestra dos aspectos que afectan negativamente su capacidad de desarrollo. Por una parte la distribución espacial de la riqueza hídrica es desigual, con zonas de extraordinaria abundancia y grandes áreas en las cuales el recurso es escaso. Por otra, los aspectos institucionales y de gestión del agua se muestran desarticulados y con un grado de desarrollo notablemente bajo que tiene como consecuencia directa la incapacidad de incorporar esa riqueza natural al proceso de desarrollo.

El recurso hídrico superficial y subterráneo no constituye un problema para la producción en la región oriental. Sin embargo en la región occidental se constituye en un factor limitante. A efectos de este trabajo hemos analizado con mayor énfasis la situación agrícola en la región oriental (concentra más del 97% de la población). En tal sentido esta región dispone de numerosos cursos de agua (ríos, arroyos, nacientes, lagunas y esteros) y napas freáticas importantes que no se encuentran suficientemente aprovechadas de acuerdo a su potencial. La mayor limitante constituye nuestra escasa experiencia en irrigación para las actividades agrícolas.

La superficie sometida bajo riego es de, estimativamente 25.000 hectáreas (arroz bajo riego, frutas y hortalizas, principalmente).

MAPA 1
MAPA DE PRECIPITACIÓN PLUVIAL ANUAL EN PARAGUAY
(En milímetros de lluvia)



Fuente: Dirección de Meteorología e Hidrología de la DINAC.

Nota: Los límites y los nombres que figuran en este mapa no implican su apoyo o aceptación oficial por las Naciones Unidas.

B. Disponibilidad de tierras agrícolas: clasificación según potencialidad, superficies disponibles y utilización actual

La FAO actualiza cada diez años el inventario del potencial de los recursos edáficos del mundo. De acuerdo a la investigación se cuentan para el país tres actualizaciones; la de los años 1964, 1971 y 1994, utilizando una misma leyenda a nivel mundial, el Sistema FAO-UNESCO-ISRIC. El mapa FAO (1994) posibilita presentar los siguientes resultados en cuanto a cuantificación de los suelos.

CUADRO 2
CLASIFICACIÓN DE SUELOS SEGÚN POTENCIALIDAD DE UTILIZACIÓN
(En porcentajes)

Paraguay	%	Para la:
- Oriental	47,0	Agricultura
	16,0	Ganadería
	37,0	Producción forestal
- Occidental	10,0	Producción agrícola
	71,2	Ganadería
	18,3	Producción forestal

Fuente: Mapa de Suelos porción Paraguay, Sistema FAO-UNESCO-ISRIC, FAO (1994)

1. Uso actual del suelo

El Paraguay Oriental dispone de 15.982.700 ha (39% de la superficie nacional), considerando los datos de la Dirección de Censos y Estadísticas Agropecuarias (DCEA) (MAG, 1991), la superficie utilizada en el sector agropecuario y forestal está distribuida de la siguiente manera:

- **Suelos de uso agrícola:**
Se utilizan 3.000.000 ha con cultivos anuales y permanentes.
- **Suelos de uso ganadero:**
Se utilizan 7.419.958 ha con diferentes sistemas de explotación (intensiva y extensiva) con ganado mayor y menor.
- **Suelos de uso forestal:**
Se utilizan 1.676.812 ha con diferentes sistemas de manejo forestal, de conservación y de protección.
- **Otros usos no agrarios:**
Se estiman 638.377 ha como utilizadas por centros urbanos, redes viales, aguas superficiales, parques nacionales, reservas indígenas y de protección, entre otros.

2. Análisis del uso potencial *versus* uso actual

De acuerdo al análisis de las superficies de suelos potencialmente agrícolas, ganaderos y forestales y la superficie de uso actual agropecuario y forestal, se realizaron las siguientes observaciones:

- Que de los suelos, de potencialidad agrícola (7.171.488 ha), de incorporación a corto plazo, se están utilizando actualmente en un 41% (3.000.000 ha).
- Que la potencialidad existente para el uso ganadero (2.014.334 ha), se utiliza actualmente más de 7.426.008 ha existiendo una subocupación de suelos de aptitud agrícola y una sobreutilización de suelos de aptitud forestal.
- Que la potencialidad existente para el uso forestal (5.639.461 ha) se utilizan 1.676.812 ha quedando un porcentaje sin utilizar o es utilizado por otro sector.
- Que el sector agrícola, de acuerdo al uso potencial de los suelos puede crecer en el corto y mediano plazo hasta una superficie de 7.171.488 ha, incluidas en estas las utilizadas actualmente 3.000.000 ha y considerando que se realizan las medidas de conservación de suelos.

El MAG, es el responsable de la formulación y aplicación de la política relacionada con el sector agropecuario del país, así como el cumplimiento de las leyes y normas en el ámbito de

su competencia. La Ley N° 81/92 establece la estructura orgánica y funcional del MAG. Para el efecto actualmente está organizado con dos Viceministerios: el de Agricultura y el de Ganadería. El Viceministerio de Recursos Naturales y Medio Ambiente, que anteriormente constituía el tercer Viceministerio, ha pasado a constituir la Secretaría del Ambiente (SEAM), a partir de agosto del año 2000 en que fuera creada dicha institución.

C. Generalidades del sector agropecuario

El Paraguay es un país agro dependiente, caracterizado por sustentarse en un modelo de desarrollo agropecuario agro exportador. Las materias primas agrícolas y derivados constituyen alrededor del 68% de las exportaciones. Sólo la cadena de la *soja* y derivados implican el 54,1% de las exportaciones (REDIEX, 2008).

La expansión de la frontera agrícola y ganadera se ha venido realizando a expensas del bosque nativo. La aplicación de sistemas tradicionales de producción agropecuaria apoyados por instrumentos de servicio estatal (crédito, asistencia técnica y otros) han incentivado el uso y manejo poco sustentable de los recursos naturales renovables, específicamente sin valorar la capacidad y la aptitud de los recursos naturales y sin el uso de tecnología adecuada. Éstos son algunos de los aspectos que deben ser tenidos en cuenta en la planificación de las actividades productivas del sector, de manera a encarar sistemas que tiendan a la producción sustentable, y que debe ser acompañado por los demás sectores de la economía nacional.

a) Tenencia de la tierra

Los últimos datos oficiales datan del Censo Agropecuario Nacional (CAN), de 1991 sin embargo el MAG (2002) realizó una Encuesta Agropecuaria por Muestreo en el 2002, anualmente se llevan a cabo encuestas por muestreo enfocadas en los rubros de renta mayoritarios, por lo que no pueden reflejar en todos los aspectos la evolución desde 1991. Se ven los principales resultados comparados del CAN 1991 y Encuesta del MAG 2002 a continuación.

CUADRO 3
EXPLOTACIONES AGROPECUARIAS
(En cantidad, superficie y porcentajes)

Tamaño de la Explotación	2002		1991		Variación (%)	
	Cantidad	Superficie	Cantidad	Superficie	Cantidad	Superficie
Menos de 5 ha	109 109	241 415	121 874	230 280	-10,5	4,8
De 5 a menos de 10 ha	79 114	507 558	66 364	429 114	19,2	18,3
De 10 a menos de 20 ha	80 111	955 632	65 932	803 182	21,5	19,0
De 20 a menos de 50 ha	31 536	856 818	31 095	845 102	1,4	1,4
De 50 a menos de 100 ha	7 858	536 279	7 007	464 073	12,1	15,6
De 100 a menos de 200 ha	4 889	655 756	3 383	449 376	44,5	45,9
De 200 a menos de 500 ha	2 949	870 068	2 227	663 454	32,4	31,1
De 500 a menos de 1 000 ha	1 300	861 636	927	614 600	40,2	40,2
De 1 000 a menos de 5 000 ha	1 605	3 289 237	1 360	2 838 459	18,0	15,9
De 5 000 a menos de 10 000 ha	225	1 538 186	240	1 657 600	-6,3	-7,2
De 10 000 y más ha	97	1 856 135	114	2 433 510	-14,9	-23,7
Región oriental	318 793	12 168 720	300 523	11.428.750	6,1	6,5

Fuente: Encuesta Agropecuaria por Muestreo año 2002, MAG

Podemos concluir del análisis de estos datos (2002) que:

- 1) El 84% de las explotaciones son menores de 20 ha (suman 1.704.000 ha), este colectivo es denominado “agricultura familiar (AF)⁹”, con actividades agropecuarias enfocadas mayoritariamente al autoconsumo familiar y pequeña producción de renta; con tecnología agropecuaria basada en herramientas manuales, animales de tiro y mano de obra propia. La preparación académica y específica recibida, así como la organización entre productores y asistencia técnica estatal o privada es generalmente muy baja.
- 2) El 12.4% de las explotaciones abarcan extensiones de 20 a 50 ha (sumando 1.393.000 ha), este tipo de explotaciones presenta también la característica de actividades de autoconsumo, pero aumenta la extensión e importancia de otros rubros agrícolas extensivos o ganadería en pequeña escala con fines de renta; la tecnología utilizada está basada en una mecanización parcial de las actividades (típicamente tractor de pequeño porte e implementos de uso general), debiendo contratarse maquinaria para ciertas labores; aunque aun la labor manual propia o contratada es importante. La preparación académica y específica recibida es mejor que los pequeños productores, normalmente este colectivo está mejor organizado y asistido técnicamente.
- 3) El restante 3,5% de las explotaciones abarcan extensiones de más de 50 ha (sumando 9.071.000 ha), este tipo de explotaciones se caracteriza por la generación de renta derivada de actividades extensivas, como cultivos anuales y ganadería extensiva, la tecnología utilizada es mayoritariamente la mecanización de las actividades, llegando las explotaciones mayores a poseer toda la infraestructura necesaria para completar la producción con escasa necesidad de subcontratar máquinas o mano de obra externa. La preparación, organización de los productores, así como la asistencia técnica recibidas es en general alto.
- 4) La concentración de la tierra en explotaciones de mayor extensión es muy acusada, aunque también debe reconocerse que mucha de esta tierra no posee aptitudes semejantes para la agricultura.

D. Materias primas para biocombustibles

1. Oleaginosas

El sector oleaginoso es sin duda, el más significativo dentro de la agricultura paraguaya, dado que actualmente es la que mayor actividad económica genera en el ámbito rural de nuestro país.

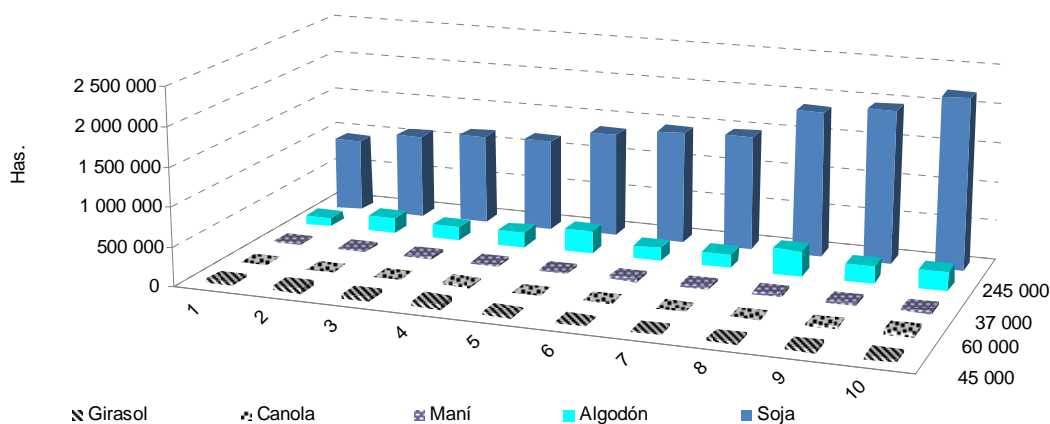
a) Rubros oleaginosos y superficies ocupadas

Graficamos a continuación la evolución de las superficies de cultivo de los principales rubros oleaginosos de ciclo anual, *soja*, girasol, canola, maní, algodón; en los últimos 10 años.

⁹ Formalmente definida “agricultura familiar (AF)” es aquella actividad productiva rural que se ejecuta utilizando principalmente la fuerza de trabajo familiar para explotar un predio; que además contrata en el año, un número no mayor a diez trabajadores asalariados de manera temporal en épocas específicas del proceso productivo y que no explota —bajo condición alguna sea en propiedad, arrendamiento, mediería u otra relación más de 20 ha de tierra, dependientemente del rubro productivo y de la ubicación geográfica en el país (Almada, 2006).

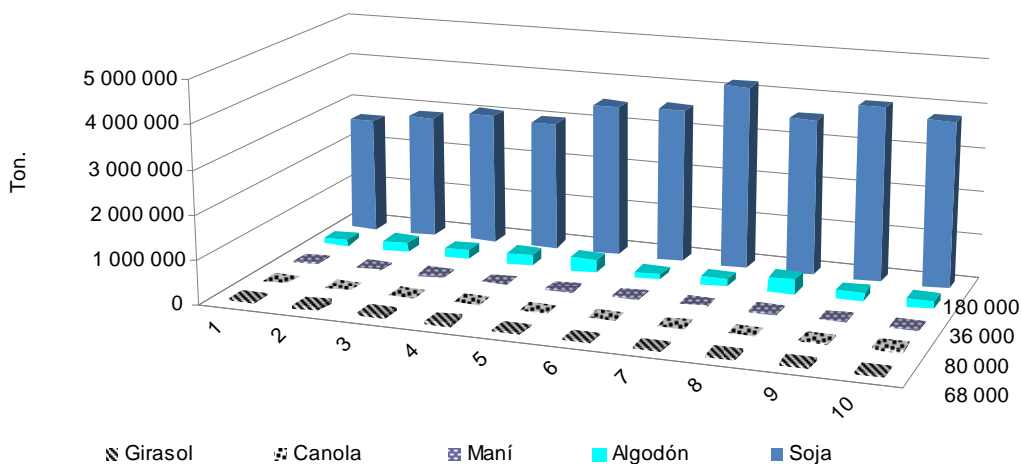
Como puede apreciarse, la *soja* hoy día se constituye en el principal rubro oleaginoso, y de la agricultura toda, del Paraguay. Este rubro se caracteriza por una alta mecanización agrícola y la utilización de una tecnología muy moderna en cuanto al manejo de suelos, control de plagas y malezas, fertilización y otras labores mediante la utilización de insumos industriales altamente especializados como agroquímicos, fertilizantes químicos y otros. El crecimiento en áreas de cultivo y el aumento de producción de los últimos años también refleja el dinamismo del sector. Por su naturaleza, este sistema de producción precisa de mucha extensión de cultivo por explotación, capital intensivo, disponibilidad de insumos citados, relativo poco uso de mano de obra, red de acopio y logística muy desarrolladas, para ser rentable económicamente, dado que la rentabilidad es fuertemente influenciada por la economía de escala.

GRÁFICO 8
HISTÓRICO DE SUPERFICIES DE CULTIVOS OLEAGINOSOS EN PARAGUAY
(En hectáreas)



Fuente: Elaboración propia del autor en base a datos de CAPECO, MAG y otros.

GRÁFICO 9
HISTÓRICO DE PRODUCCIÓN DE RUBROS OLEAGINOSOS EN PARAGUAY
(En toneladas)



Fuente: Elaboración propia del autor en base a datos de CAPECO, MAG y otros.

Sin embargo, la expansión del cultivo de la *soja* parece haber llegado a un límite (Informativo, 2007), impuesto por la escasez de suelos de alta calidad natural y el cumplimiento mayor de las normativas ambientales para conservar bosques remanentes, la expansión, si bien técnicamente es posible en suelos de menor calidad, enfrenta dos problemas principales: el alto costo económico para obtener rendimientos rentables y la entrada a zonas tradicionalmente ‘minifundistas’, o sea, áreas tradicionalmente pobladas por agricultura familiar, lo que ya ha empezado a crear conflictos derivados del uso de agroquímicos y la percepción de amenaza al sistema de trabajo minifundista.

Por lo tanto, un aumento de producción promedio solo podría ser obtenido con la mejora en los parámetros técnicos del cultivo, lo que implica con seguridad una intensificación en el uso de más tecnología de punta y agroquímicos importados, tarea que entraña riesgos y altos costos, por lo que —de no aparecer una nueva revolución técnica— vislumbra la llegada a un cenit de la *soja* en el Paraguay.

El caso del algodón, rubro tradicional de la AF, ha venido perdiendo su importancia en los últimos años por diversos factores, en este caso, y a diferencia de otras oleaginosas, la extracción de aceite de las semillas no es su fin principal, sino una utilización secundaria, pero que llegó a ser importante en volúmenes, que es la obtención de fibras. Como se puede ver, el algodón ha perdido mucho su protagonismo en cuanto a superficie cultivada y producción en el país y actualmente está siendo parcialmente reemplazado por el sésamo, el *ka’á he é*, frutales, tártago y otros cultivos menores. Solo el cocotero o *mbokajá* (en idioma guaraní), sigue siendo un rubro oleaginoso tradicional que es explotado en forma constante por la AF, aunque su importancia social y económica es pequeña actualmente ante otros rubros de renta, habida cuenta de que la recolección es hecha de palmeras silvestres, no de cultivos propiamente dichos.

Los casos del girasol y la canola son semejantes en lo que respecta a su inserción como cultivo complementario en época invernal para la *soja*, sin embargo las superficies cultivadas son muy pequeñas comparadas con la *soja*, esto se debe a dos razones principales: una mayor incertidumbre técnica y económica en los resultados del cultivo¹⁰ (las variedades utilizadas y las condiciones naturales no permiten una productividad comparable a otras regiones del mundo) y la concientización de los productores a realizar rotación de cultivos, o sea, la práctica de no repetir la misma secuencia de cultivos anuales en una misma área, a fin de preservar la fertilidad, recuperar suelos, eliminar plagas reincidentes, etc. Las tecnologías empleadas son muy similares a las de la *soja*.

Aun así, el avance en estos rubros ha sido apreciable sobre todo en los últimos 3 años, alentado por un aumento de precios de los granos y los favorables resultados agrícolas alcanzados.

b) Identificación de colectivos dedicados a oleaginosas

- **Complejo *soja* (CS)**

Definimos como “complejo *soja*” a la agricultura mecanizada —llamada también empresarial, ya descrita para el rubro *soja*— complementada con otras oleaginosas como girasol y canola más cereales como el trigo, maíz y *sorgo*. Dado que todos ellos comparten las mismas tecnologías y características ya descritas para la *soja*, por motivos de simplificación semántica las englobamos juntas¹¹.

¹⁰ El productor percibe estos rubros como más riesgosos y la rentabilidad promedio no es tan grande como en la soja.

¹¹ A pesar de lo definido, no podemos olvidar que no todos los citados rubros son cultivados solamente en el “complejo soja (CS),” por ejemplo la AF cultiva tradicionalmente maíz para autoconsumo y algunos de los otros rubros en menor medida, aunque la producción de la AF es más de autoconsumo comparada a la del CS.

De modo a identificar y cuantificar el CS desde el punto de vista de distribución socioeconómica de los actores, mostramos a continuación (cuadro 4) estadísticas realizadas por la Dirección de Censos y Estadísticas Agropecuarias (DCEA).

CUADRO 4
CANTIDADES Y SUPERFICIES DE LAS EXPLOTACIONES DE SOJA
SEGÚN TAMAÑO DE EXPLOTACIÓN
(En hectáreas y porcentajes)

Tamaño de la Explotación	1991		2002		Variación (%)	
	Cantidad	Superficie	Cantidad	Superficie	Cantidad	Superficie
Menos de 5 ha	1 673	2 232	1 460	1 745	-13	-22
De 5 a menos de 10 ha	4 712	11 529	4 050	10 009	-14	-13
De 10 a menos de 20 ha	8 239	37 401	7 550	36 255	-8	-3
De 20 a menos de 50 ha	7 222	86 495	6 105	85 573	-15	-1
De 50 a menos de 100 ha	2 424	79 954	3 834	193 405	58	142
De 100 a menos de 200 ha	1 329	86 709	2 811	270 014	112	211
De 200 a menos de 500 ha	767	103 819	1 268	261 408	65	152
De 500 a menos de 1.000 ha	213	50 588	410	147 965	92	192
De 1.000 a menos de 5.000 ha	112	50 694	273	195 605	144	286
De 5.000 a menos de 10.000 ha	21	19 396	30	54 652	43	182
De 10.000 y más ha	5	23 638	15	26 224	200	11
Región Oriental	26 717	552 455	27 806	1 282 855	4.08	132.21

Fuente: Dirección de Censos y Estadísticas Agropecuarias (DCEA), Ministerio de Agricultura y Ganadería, Encuesta Agropecuaria por Muestreo, 2003.

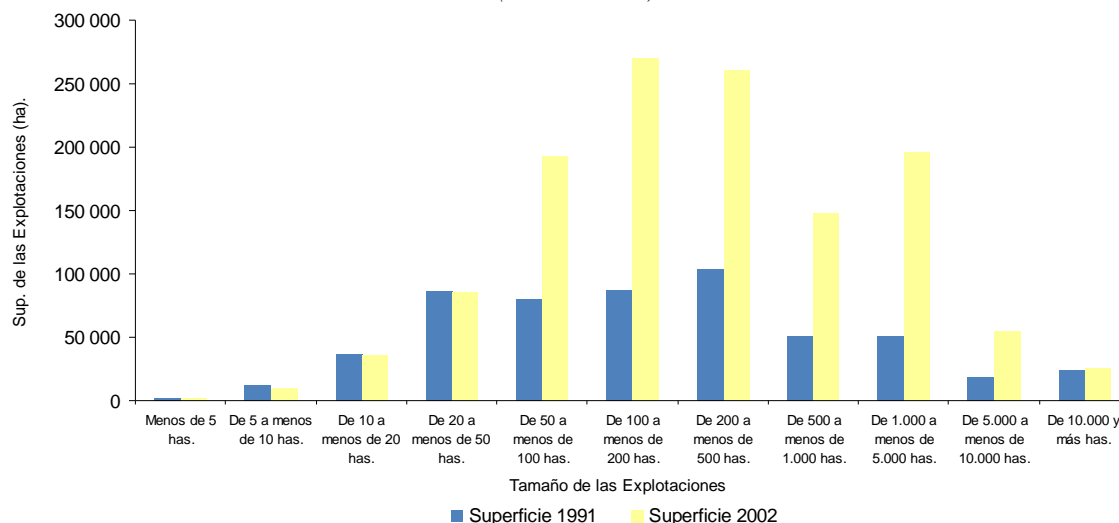
Se puede observar claramente la predominancia de explotaciones mayores a 50 ha, con productores que reúnen las condiciones ya descritas en el punto de tenencia de la tierra. Las limitaciones ya descritas para el colectivo AF hacen difícil pensar en un aumento de la participación de este colectivo en la producción del CS.

Por otro lado, los rubros oleaginosos tradicionales de la AF son algodón, tártago y coco; con productores que reúnen las características ya mencionadas en el punto de tenencia de la tierra.

Podemos concluir entonces lo siguiente:

- 1) Existe una base productiva relativamente moderna y eficiente para la producción de oleaginosas, representada mayormente por explotaciones de mediana y gran extensión, que hace uso de la mecanización agrícola como tecnología predominante (complejo soja (CS)). Si bien el crecimiento de este sector está ralentizándose, por su volumen de producción y la posibilidad de aumento en la producción de otras oleaginosas del CS (girasol y canola), aun puede aumentar mucho la oferta de aceites vegetales relativamente a corto plazo y en volúmenes importantes.
- 2) La producción de oleaginosas de la AF está perdiendo importancia relativa y absoluta, sobre todo por la decadencia actual del algodón, sin embargo existe una importante oferta de medios de producción (minifundios y mano de obra familiar) como para intensificar la producción de otras oleaginosas que por sus características no pueden formar parte del CS como ser tártago, coco u otras posibles alternativas como piñón manso.

GRÁFICO 10
SUPERFICIE DE LAS EXPLOTACIONES CON CULTIVO DE SOJA POR ESTRATOS
(En hectáreas)



Fuente: Dirección de Censos y Estadísticas Agropecuarias (DCEA), Ministerio de Agricultura y Ganadería, Encuesta Agropecuaria por Muestreo, 2003.

c) Costos y rentabilidades

Mostramos a continuación un resumen de los costos y rentabilidades de los principales cultivos oleaginosos nacionales.

CUADRO 5
ESTIMACIÓN TOTAL DE COSTOS DE PRODUCCIÓN Y DE RENTABILIDAD
SISTEMA: CONVENCIONAL-MECANIZADA 2008
(En guaraníes (G))

Concepto	Unidad	Soja	Girasol	Algodón
I. Costos directos		1 788 127	678 764	1 900 220
A. Insumos técnicos		1 017 200	375 544	1 547 000
B. Insumos físicos		609 849	303 220	171 020
C. Interés s/capital operativo ^a		146 434	61 089	171 020
D. Gastos administrativos ^b		14.643	5 757	17 102
II. Costos indirectos		1 190 442	669 950	95 027
A. Bienes móviles		529 917	143 647	95 027
B. Bienes inmóviles		660 525	526 303	
Costo total		2 978 568	1 348 714	1 995 247
▪ Análisis de rentabilidad				
Rendimiento ^c	kg/ha	2 696	1 743	968
Precio de venta ^d	G/kg	1 870	2 467	2 236
Ingreso total (1*2)	G/ha	5 041 520	4 299 981	2 164 448
Costo total	G/ha	2 978 568	1 348 714	1 995 247
Ingreso neto (3-4)	G/ha	2 062 952	2 951 267	169 201
Costos directos	G/ha	1 788 127	678 764	1 900 220

CUADRO 5

Margen bruto (3-6)	G/ha	3.253.393	3.621.217	264.228
Costo medio (4/1)	G/kg	1.105	774	2.061
Rentabilidad (5/4)*100	%	69	219	8

Fuente: Elaborado por la Unidad de Estudios Agroeconómicos, Dirección General de Planificación, Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG), marzo de 2008, y Dirección de Censos y Estadísticas Agropecuarias, enero y febrero 2008.

^a $((A+B)*0,18)/2$. ^b $((A+B)*0,018)/2$.

^c A febrero 2008. ^d A enero 2008.

Debe prevenirse que los valores mostrados reflejan solo el momento en que fue analizada la información disponible y suponiendo un rendimiento promedio esperado, en realidad, tanto los costos, las metodologías empleadas y los precios de las oleaginosas son muy variables y se debe tener presente que la situación puede cambiar mucho de zafra a zafra, dependiendo también los resultados del factor climático, incidencia de plagas y enfermedades (mayores costos y mermas). Sin embargo, el hecho que los cultivos mencionados se sigan realizando año a año es un parámetro significativo de que en promedio los productores encuentran rentables económicamente a estos rubros.

Cabe resaltar que el análisis de costos y rentabilidades agropecuarias de materias primas oleaginosas, a diferencia del caso de la caña de azúcar para etanol, no es un factor de primera importancia para el análisis de la viabilidad económica de la producción de biodiesel, sino en todo caso, sería un análisis secundario a realizarse luego del análisis de otros parámetros económicos.

Esto sucede porque el *biodiesel* no es el mercado tradicional de los aceites vegetales en general, sino un costo de oportunidad económico. Este costo de oportunidad es calculado comparando los precios de los aceites vegetales en el mercado —el cual es la verdadera materia prima para *biodiesel*— y no los precios de los granos o materias primas oleaginosas —a materia prima de las aceiteras.

El análisis de costos y rentabilidades agropecuarias es importante cuando se realiza un análisis arriba-abajo, o sea, partiendo del precio de mercado del *biodiesel* y analizando todos los costos de la cadena de producción hasta llegar al precio que se puede pagar por la materia prima oleaginosa. Este análisis es el indicado para cuantificar, por ejemplo, la viabilidad económica de cultivos oleaginosos alternativos y no tiene mucho sentido si se analiza la factibilidad de producción a partir de aceites vegetales ya disponibles que posean un mercado tradicional. Se verá más adelante en detalle este punto.

CUADRO 6
PRODUCCIÓN Y DESTINO DE OLEAGINOSAS: SOJA
(En toneladas y porcentajes)

Años	Exportación		Industria		Semilla Ton	Producción total Ton
	Ton	%	Ton	%		
2000	2 025 552	70,60	800 871	27,51	75 000	2 911 423
2001	2 509 948	71,67	917 231	26,19	75 000	3 502 179
2002	2 385 979	67,30	1 085 695	30,60	75 000	3.546.674
2003	3 167 193	70,10	1 260 822	27,90	90 000	4 518 015
2004	2 664 415	68,01	1 172 000	30,00	75 000	3 911 415
2005	2 882 182	71,32	1 077 646	26,66	81 000	4 040 828
2006	2 380 344	65,40	1 180 842	32,40	80 000	3 641.186

Fuente: Estadísticas Cámara Paraguaya de Exportadores de Cereales y Oleaginosas (CAPECO) para los granos de *soja*, y Estadísticas de Cámara Paraguaya de Procesadores de Oleaginosas (CAPPRO), para el girasol, canola y algodón.

CUADRO 7
PRODUCCIÓN Y DESTINO DE OLEAGINOSAS: GIRASOL-CANOLA-ALGODÓN
 (En miles de toneladas y porcentajes)

	Años	Producción	Molienda		Exportación
			(miles ton)	(%)	
Girasol	2002/2003	33	29	88	4
	2003/2004	45	42	93	3
	2004/2005	65	50	77	15
	2005/2006	78	60	77	18
	2006/2007	183	155	85	28
Canola	2002/2003	9	3	33	6
	2003/2004	9	6	66	3
	2004/2005	30	20	66	10
	2005/2006	50	18	36	32
	2006/2007	80	55	69	25
Algodón ^a	2002/2003	97	69	71	28
	2003/2004	178	151	85	27
	2004/2005	105	94	89	11
	2005/2006	92	86	93	6
	2006/2007	56	50	89	6

Fuente: Estadísticas Cámara Paraguaya de Exportadores de Cereales y Oleaginosas (CAPECO) para los granos de *soja*, y Estadísticas de Cámara Paraguaya de Procesadores de Oleaginosas (CAPPRO), para el girasol, canola y algodón.

^a Exportación/semillas.

Como se puede observar, a excepción de la *soja*, la mayor parte de la producción oleaginosa es procesada en el país por las aceiteras existentes, la mayor parte de los aceites producidos es exportado a otros países.

2. Otros aceites vegetales disponibles

Debe mencionarse la disponibilidad actual de otros aceites vegetales como: almendra y pulpa de coco, tártago, *tung*; y por otro lado grasa bovina.

Los aceites citados poseen una producción muy pequeña comparada a los anteriores y además existen barreras técnicas insalvables para la utilización de los aceites de *tung* y tártago como materia prima para *biodiesel*, lo que unido a los altos precios históricos de sus mercados tradicionales inviabilizan su utilización como materia prima para *biodiesel*.

3. Cuantificación de materia prima disponible a nivel país.

Habiendo visto la situación actual de producción agropecuaria de oleaginosas y la de los aceites vegetales derivados concluimos que existen materias primas suficientes para cubrir los objetivos de mezcla consensuados en la Mesa de Biocombustibles.

A continuación pasamos a analizar por qué, a pesar de esta situación, la producción de *biodiesel* es aun pequeña y actualmente está con dificultades en la continuidad de la producción.

E. Criterios determinantes para utilización de materias primas para biodiesel

El biodiesel puede obtenerse a partir de diversos aceites vegetales, Paraguay cuenta con una variedad interesante de opciones, aunque en volúmenes disponibles muy diferentes, según vimos.

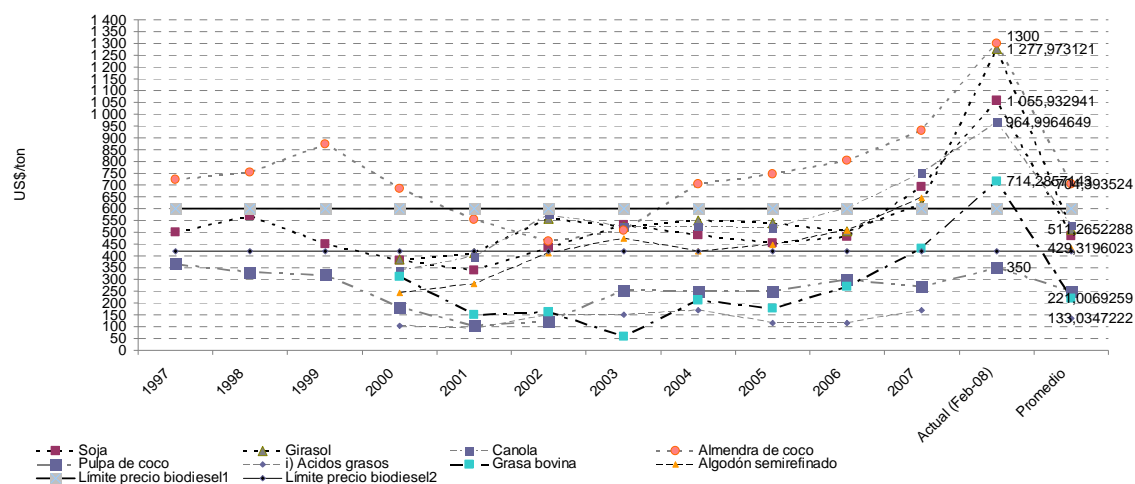
Un factor primordial para entender la situación de las materias primas para *biodiesel* es entender el actual funcionamiento de estos mercados y su naturaleza.

No debe olvidarse que —y a diferencia de la caña de azúcar, principal cultivo para obtención de etanol en Paraguay— los aceites vegetales tradicionales fueron desarrollados y hoy día cultivados extensivamente en todo el mundo para su utilización como aceites comestibles, por ello éste es su mercado tradicional y también dominante, en el sentido de que la oferta es absorbida mayoritariamente para este uso y por lo tanto los precios son dictados por este mercado dominante. La utilización de ellos como materia prima de *biodiesel* por lo tanto, es un costo de oportunidad económico, en general de menor valor, viable en último término a los casos en que los precios se mantengan bajo el denominado “precio *biodiesel*”, o sea, el mayor precio que puede pagar en el momento la industria del *biodiesel*.

El análisis de precios históricos de los aceites vegetales nos da un panorama esclarecedor, pues lo que realmente interesa para el análisis es el margen existente entre el precio de mercado del aceite y el máximo precio que el productor de *biodiesel* puede pagar en el momento en función a los precios que puede obtener por el *biodiesel* en el mercado.

En el gráfico 11 se representa el máximo precio que puede pagar la industria del *biodiesel* en la actualidad por un aceite vegetal suponiendo que el producto final (*biodiesel*) es comercializado por la vía usual a un precio al consumidor final semejante al *gasoil* importado en el mercado nacional. Como se puede notar, el valor de la línea actual es ligeramente superior a los precios promedio históricos anuales de la mayoría de los aceites producidos, lo que da una falsa impresión de márgenes positivos en términos de promedios históricos.

GRÁFICO 11
HISTÓRICO DE PRECIOS PROMEDIOS DE ACEITES Y GRASAS EN EL PARAGUAY
(Dólares por tonelada anual)



Fuente: Elaborado por el autor a partir de datos de exportación de la Oficina Consultiva y de Investigación Técnica (OCIT), 2008.

Debe notarse que los precios son bastante volátiles y que existe una fuerte tendencia al aumento desde el 2006, actualmente la mayoría se encuentra bien por encima de la línea “Límite precio biodiesel 1” indicando posible pérdida operativa para una fábrica de *biodiesel*. Esta misma situación ya se dio en el pasado¹² (línea “Límite precio biodiesel 2”), pues si bien los precios de los aceites fluctuaban en una franja menor, también era menor el máximo precio que podía pagar la industria de *biodiesel*.

Generalizando el análisis podemos sostener que los períodos de ganancias y pérdidas operativas potenciales se suceden rápidamente, provocando inseguridad económica a una inversión de este tipo, lo que explica la razón por la que en las condiciones actuales ninguna industria aceitera ha apostado por la inversión en *biodiesel*, siendo que deberían ser éstas las que lideran el proceso, dadas sus evidentes ventajas competitivas: instalaciones industriales de extracción ya existentes y en funcionamiento, experiencia en el sector, logística desarrollada, economías de escala, entre otras.

Este análisis nos da la pauta de que, el caso *biodiesel* adolece de un serio inconveniente: —el cual no existe para el caso etanol— las materias primas con mayor volumen disponible, los aceites vegetales comestibles, no fueron desarrollados ni concebidos para su uso como biocombustibles y la situación económica descrita es una consecuencia lógica de ello, pues su mercado tradicional —aceites comestibles— puede llegar a pagar más que el costo de oportunidad *biodiesel*, lo que desalienta la inversión en este tipo de industrias en las condiciones actuales en Paraguay.

Del gráfico se puede notar que solamente la grasa animal, los ácidos grasos y el aceite de pulpa de coco muestran precios promedio menores y curvas relativamente planas de comportamiento en el tiempo. Esto explica que las cuatro primeras plantas de *biodiesel* operativas en el país hayan optado por la grasa bovina como primera opción de materia prima contribuyendo a ello la relativa disponibilidad de volúmenes industrializables, lo que no se da con los ácidos grasos y el aceite de pulpa de coco.

De este modo podemos identificar las dos principales barreras económicas¹³ al crecimiento del *biodiesel* en el país: (i) los altos precios relativos¹⁴ de las materias primas más abundantes y (ii) los escasos volúmenes disponibles de las materias primas con precios relativos competitivos.

1. Otras materias primas alternativas

Reconociendo los problemas anteriores analizaremos brevemente la situación y perspectivas de las materias primas con precios relativamente competitivos.

a) Grasa bovina

La grasa o sebo bovino es un subproducto de la industria cárnica consistente en los remanentes de grasa que son extraídos de las reses para posteriormente ser procesados con el fin de obtener un producto limpio de impurezas y lo más homogéneo posible, destinado normalmente a la fabricación de jabones.

Su gran limitante como materia prima para *biodiesel* es justamente la dependencia de la actividad del sector de la carne, pues abunda y se presentan a costos relativos bajos cuando este sector aumenta su actividad y viceversa.

¹² Estudio de factibilidad realizado por el autor en el año 2003.

¹³ Si bien existen otros tipo de barreras, las más importantes son las económicas, pues éstas condicionan o no la inversión y posterior producción de biodiesel más que otras.

¹⁴ Se sobreentiende que son “relativos” a la opción biodiesel dadas las actuales reglas de juego del mercado nacional.

La disponibilidad aumentó mucho en los últimos dos años, coincidiendo con el auge de las exportaciones de carnes en grandes volúmenes a mercados nuevos, produciéndose alrededor de 18.000 toneladas anuales, este crecimiento produjo una oferta abundante a precios competitivos para la industria del *biodiesel*, hecho que desencadenó la apertura y funcionamiento de las primeras plantas industriales de *biodiesel*.

Actualmente sin embargo, como consecuencia de factores climáticos que repercutieron en el faenamiento bovino, la oferta de grasa disminuyó acompañada de un pronunciado aumento de precios, afectando fuertemente a los costos operativos de las plantas de *biodiesel*.

El rol de la grasa animal como materia prima de *biodiesel* está entonces restringido por la situación anterior en cuanto a volúmenes disponibles y precios competitivos. A mediano y largo plazo es evidente que no es posible pensar en un crecimiento importante de la contribución de este sector al *biodiesel*, sumando a ello la muy baja eficiencia desde el punto energético de la actividad, pues los rendimientos de producción de grasa por hectárea y año son pequeños comparados al cultivo directo de oleaginosas en la misma tierra.

b) Ácidos grasos

Los ácidos grasos, como el caso de la grasa bovina es un subproducto derivado de otra industria, en este caso de la misma industria aceitera. Por lo tanto posee las mismas limitaciones ya señaladas para la grasa bovina.

Su origen se puede rastrear al proceso de refinación física y/o química a que son sometidos los aceites vegetales para su acondicionamiento para consumo humano (aceite refinado), estos procesos dan como subproductos las llamadas borras de neutralización o en su defecto ácidos grasos propiamente dichos, los volúmenes obtenidos son variables, dependiendo del grado de acidez de los aceites vegetales crudos, normalmente no pasan del 1,5% de la masa del aceite tratado. La disponibilidad anual varía entre 200 y 1.400 ton.

La razón de su bajo precio relativo es el limitado mercado regional para estas materias primas, la utilización de estas materias primas para *biodiesel* tropieza con el problema de la intermitencia del suministro y los bajos volúmenes producidos anualmente. Las perspectivas de aumentar la producción de ácidos grasos son muy limitadas, siendo función del crecimiento de la industria refinadora de aceites, por lo que pensamos que solo pueden ser utilizados como un complemento a otras materias primas que si puedan ser producidas a gran escala.

c) Aceite de pulpa de coco

Este aceite deriva de los frutos del cocotero paraguayo (*acrocomia totai*) y se constituye en uno de los seis subproductos de la industrialización del coco, entre los cuales —similarmente a la palma aceitera— se encuentran dos tipos diferentes de aceite. A pesar de la explotación actual está basada en cultivares silvestres y no de cultivos racionales, existe oferta suficiente de materia prima para mantener en actividad al sector, experiencia de muchos años en su industrialización y uso de subproductos; y *a priori* sería viable la potenciación de este rubro como materia prima para *biodiesel*. El cocotero es una palmera perenne, autóctona del Paraguay, cuya vida útil es de más de 70 años.

El aceite de pulpa de coco presenta dos características únicas que lo ponen en inmejorable situación para ser la materia prima ideal para *biodiesel* a futuro: (i) técnicamente es posible producir *biodiesel* del mismo en conformidad a las normas de calidad internacionales, (ii) la naturaleza misma del aceite limita sus usos alternativos a la producción de jabones de baja calidad para el relativamente pequeño mercado nacional, esto implica un costo de oportunidad bajo en relación a su utilización como materia prima de *biodiesel*.

Similarmente presenta dos limitaciones actuales: (a) tecnológicamente solo es posible su conversión a *biodiesel* con procesos diferentes a los actualmente utilizados; (b) el volumen actual disponible es bajo (alrededor de 2.000 ton/año) y esto dificulta la obtención de economías de escala que justifiquen una industria capaz de procesarlo a *biodiesel*. *A priori* consideramos que pueden ser removidas ambas barreras.

Económicamente el cultivo de coco podría ser muy rentable para el colectivo de la AF, considerando que el rubro requiere mano de obra intensiva sobre todo para la recolección, siendo mínimos los cuidados culturales que precisa.

El análisis de costos y rentabilidad del cocotero para la AF arroja una renta bruta de entre 550 a 960 dólares por hectárea de cultivo racionalmente explotado¹⁵, considerando escenarios conservador y optimista respectivamente, siendo más que interesante para el pequeño agricultor. Además el cocotero por su naturaleza puede adaptarse fácilmente a los sistemas de producción de la AF existentes, pues es posible combinarlo con otros rubros de subsistencia o renta en una misma área, es además consumido parcialmente por el propio agricultor y sus animales de granja —lo que no sucede con piñón manso, por ejemplo— y no requiere suelos muy fértiles para desarrollarse.

A pesar de que para la AF el cocotero sería una muy buena fuente de renta, más segura que los rubros anuales por su misma naturaleza, aun se deben vencer varias barreras tecnológicas relacionadas sobre todo al ámbito agropecuario y logístico, considerando que la explotación actual está basada en palmeras silvestres y futuros cultivos racionales deben estar basados en variedades domesticadas, a fin de asegurar una producción de mayor calidad y con mayor rendimiento anual.

Otra barrera a considerar en este rubro es cómo llevar adelante planes de cultivo racionales considerando que la etapa productiva del cocotero empieza recién al cuarto o quinto año luego de su implantación en el campo, lo que desalienta a los productores. También debe considerarse la financiación del cultivo, dadas sus condiciones especiales del colectivo a quien iría destinado (agricultura familiar (AF)). La disponibilidad actual de aceite de pulpa de coco ronda las 2.000 toneladas anuales.

Por lo anterior, únicamente es posible concebir el coco como una materia prima para *biodiesel* a mediano y largo plazo y de llevarse adelante un plan consensuado y coordinado por todos los actores implicados en la cadena de producción.

Un análisis más profundo de este aceite y de la cadena de producción del coco fue realizado por el autor de este trabajo para la REDIEX, se adjunta en el anexo 3 de este capítulo un resumen de este rubro.

d) Aceite de piñón manso (*Jatropha curcas*)

El cultivo de piñón manso ha sido propuesto en varias ocasiones en los últimos años como una alternativa de aceite no comestible y cuyo fin principal sería el mercado del *biodiesel*. Si bien se conocen ejemplares espontáneos de esta especie vegetal en el país, aun falta mucha investigación y experiencia agropecuaria e industrial para afianzar este cultivo como alternativa verdadera a otros aceites vegetales.

A pesar de que teóricamente puede poseer un potencial aceitero interesante y sería una fuente de empleo agropecuario para la AF, existe información preliminar de fuentes fidedignas que señala que el cultivo solo puede ser viable económicamente si existen condiciones muy

¹⁵ Cálculo realizado por el autor para REDIEX, 2007.

especiales como ser: ausencia de alternativas agronómicas más rentables, mano de obra muy barata y abundante, altos precios relativos del diesel fósil, entre las principales¹⁶.

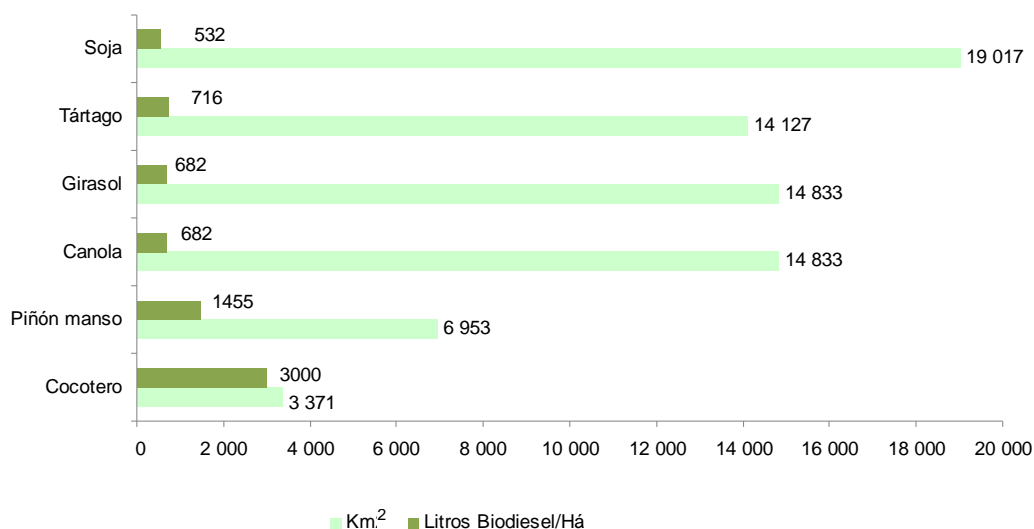
A priori, parece difícil que se den estas condiciones en el Paraguay, por lo que pensamos que debe analizarse muy bien la viabilidad global de esta alternativa en base a cultivos experimentales antes de pensar en cultivos de mayor extensión.

2. Perspectivas de producción en el campo con diversas materias primas

a) Rendimientos comparativos de rubros oleaginosos existentes y potenciales

A continuación se grafican los rendimientos potenciales de *biodiesel* por hectárea en litros y las superficies de tierra cultivada que implica una hipotética sustitución total del *gasoil* nacional por *biodiesel* (B100) en el Paraguay¹⁷.

GRÁFICO 12
COMPARATIVO DE RENDIMIENTOS DE CULTIVOS OLEAGINOSOS EN PARAGUAY
(*Biodiesel por hectárea y superficies teóricas para B100*)



Fuente:Elaboración propia del autor.

Como se puede ver y ahondando lo expuesto sobre la inconveniencia económica del uso de los aceites vegetales tradicionales como materia prima para *biodiesel*, es notorio que tampoco técnicamente los citados rubros oleaginosos son los más indicados para pensar en eficiencia energética por unidad de área. Se puede citar que el cocotero o *mbokajá*, y el piñón manso presentan un potencial productivo energético mucho mayor por unidad de área que los rubros tradicionales.

Aun más importante es que dadas las características de ocupación de mano de obra intensiva y mayor productividad comparada por unidad de área, el sector de AF debería ser el más importante a largo plazo en cuanto a la provisión de materias primas para *biodiesel*.

¹⁶ Más información disponible en <http://ec.europa.eu/research/agriculture/events_en.htm#jatropha>

¹⁷ Cálculos del autor sobre la base de rendimientos optimistas para el CS, piñón manso y tártago. Se tomaron rendimientos conservadores para el cocotero.

Baste recordar que la superficie con vocación agrícola de la región oriental es de 75.000 km², por lo que *a priori*, sería razonable pensar que a futuro Paraguay pueda aspirar incluso prescindir del diesel fósil, basándose en cultivos más eficientes en producción de aceites y ocupando tierras de baja calidad con una utilización muy baja de su territorio, situación que se da en muy pocos países del mundo.

Sin embargo, ambos rubros aun están en una incipiente etapa de investigación y desarrollo técnico con miras a domesticar las especies y desarrollar mayor conocimiento agronómico que permita pensar en cultivos racionales para la obtención de aceites vegetales para *biodiesel* en volúmenes acordes a los planes nacionales trazados y a los planes futuros de sustitución del *gasoil* en mayor proporción.

F. Producción de etanol, obtenido de caña de azúcar (IICA, 2007)

1. Producción de materia prima

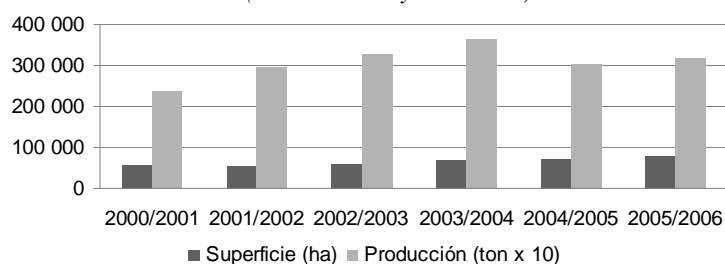
La producción de caña de azúcar en el país se ha mantenido relativamente constante en los últimos años, tal como se observa en el cuadro 8 y el gráfico 13, en donde para la campaña 2005-2006 la producción alcanzó las 3,2 millones de toneladas en todo el país, repuntando levemente luego de una caída brusca presentada durante la campaña anterior, cuando condiciones climáticas adversas arrojaron un rendimiento de tan solo 41 toneladas por hectárea.

CUADRO 8
HISTÓRICO DE SUPERFICIES, PRODUCCIÓN Y RENDIMIENTOS DE CAÑA DE AZÚCAR
(En hectáreas y toneladas)

Zafras	Superficie	Producción (ton x 10)	Rendimiento (ton/ha)
2000/2001	59,580	239,600	40
2001/2002	52,399	297,600	57
2002/2003	62,255	326,000	52
2003/2004	69,942	363,700	52
2004/2005	74,000	302,000	41
2005/2006	80,000	320,000	50

Fuente: El estado del arte de los biocombustibles en el Paraguay, 2007, Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura. Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG), Dirección General de Planificación (DGP).

GRÁFICO 13
HISTÓRICO DE SUPERFICIES Y RENDIMIENTOS DE CAÑA DE AZÚCAR EN PARAGUAY
(En hectáreas y toneladas)

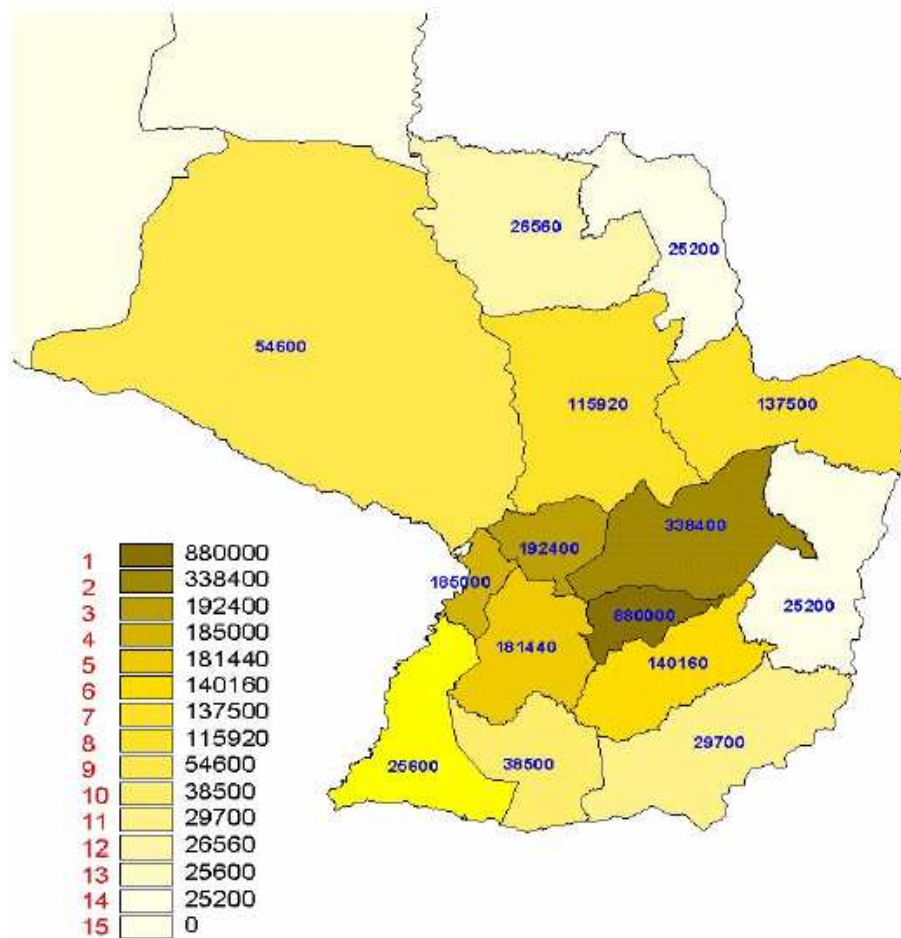


Fuente: El estado del arte de los biocombustibles en Paraguay, 2007, Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura.

Asimismo, se calculó para el año 2006 un rendimiento agrícola promedio de 55 ton/ha. Vale señalar aquí que se han logrado en ciertas condiciones hasta 100 ton/ha de caña de azúcar.

La producción nacional se distribuye en 14 de los 17 departamentos del país. Se destacan en producción y área de siembra: *Guairá, Caaguazú* y Cordillera, es decir, la zona central de la región oriental del país. A continuación se observa un cuadro elaborado con datos de la síntesis estadística de la campaña 2000-2001 (véase mapa 2), que representa también la distribución productiva actual, ya que en los últimos cinco años no ha variado significativamente.

MAPA 2
ZONIFICACIÓN DE CULTIVOS DE CAÑA DE AZÚCAR EN PARAGUAY.
(En toneladas 2001-2002)



Fuente: EL ESTADO DEL ARTE DE LOS BIOCMBUSTIBLES EN EL PARAGUAY, 2007, Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura. Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG), Dirección de Censos y Estadísticas Agropecuarias (DCEA).

Nota: Los límites y los nombres que figuran en este mapa no implican su apoyo o aceptación oficial por las Naciones Unidas.

La estructura productiva para la caña de azúcar se sitúa en alrededor de 29.000 explotaciones, siendo predominante su cultivo en las explotaciones de hasta 10 ha pero son las propiedades de 10 a 100 ha, las que responden por la mayor cantidad de caña de azúcar producida.

Este número de explotaciones demuestra el empleo generado por este rubro en el proceso productivo, lo que converge también con la mano de obra industrial empleada, ya que la industria azucarera, la producción de miel, la destilación de caña y la producción de alcohol, constituyen los niveles de integración que acompañan al rubro.

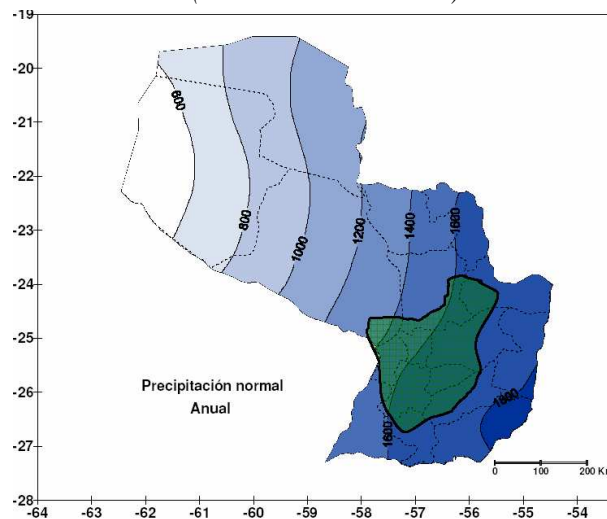
Aproximadamente 35% de la superficie total cultivada con caña de azúcar se encuentra mecanizada. La mecanización de la caña de azúcar incluye maquinarias tanto para la preparación del suelo como para la cosecha. Son los ingenios azucareros los principales dueños de dicha maquinarias, las cuales utilizan en sus cultivos propios o con productores proveedores de caña a sus ingenios.

La factibilidad de extender la mecanización a otras áreas cultivadas no mecanizadas actualmente, y a las áreas potencialmente cultivables, dependería por un lado de cada ingenio azucarero, su capacidad financiera y la rentabilidad de dicha actividad, y por otro, de las opciones financieras o líneas de crédito a las que los cunicultores podrían acceder.

En cuanto a la producción de caña de azúcar con irrigación según datos del MAG, nuestro país todavía cuenta con una superficie ínfima de caña de azúcar a campo con sistema de riego con respecto al total: esta cifra es apenas del 0.05% del área cultivada. Esto se debería a que los costos de dicha tecnología son muy elevados para los productores.

El siguiente es un mapa pluviométrico del país, el cual indica la cantidad de lluvia promedio caída durante un año. La zona dentro de la figura coloreada en color verde, corresponde al área aproximada de influencia de la caña de azúcar.

MAPA 3
ZONIFICACIÓN PLUVIOMÉTRICA DE CULTIVO DE
CAÑA DE AZÚCAR EN PARAGUAY
(En milímetros de lluvia)



Fuente: El estado del arte de los biocombustibles en Paraguay, 2007, Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura, 2006, Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG), Dirección General de Planificación (DGP).

Nota: Los límites y los nombres que figuran en este mapa no implican su apoyo o aceptación oficial por las Naciones Unidas.

Según datos obtenidos del Programa Nacional de Caña de Azúcar del MAG, se cuenta con un área potencialmente cultivable de unas 450.000 ha aproximadamente en el territorio nacional.

La producción actual es destinada a las industrias del sector privado elaboradoras de azúcar principalmente; de alcohol, de miel y actualmente en pequeña proporción de caña (aguardiente). También la caña de azúcar es utilizada para la producción de ganado bovino como suplemento alimenticio de invierno.

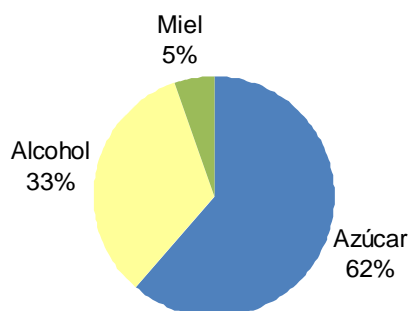
Según el Centro Azucarero Paraguayo (CAP), el mayor porcentaje de caña de azúcar molida es destinada a la producción de azúcar convencional u orgánica, siendo el 33% destinado a la producción de etanol, conforme se puede apreciar en el cuadro 9 y gráfico 14.

CUADRO 9
DESTINO INDUSTRIALIZACIÓN DE CAÑA DE AZÚCAR
(En toneladas)

Destino	Toneladas
Azúcar	1 400 000
Alcohol	760 000
Miel	120 000
Total	2 280 000

Fuente: El estado del arte en los biocombustibles en el Paraguay, 2007, Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura. Centro Azucarero Paraguayo (CAP).

GRÁFICO 14
DESTINO DE UTILIZACIÓN INDUSTRIAL DE CAÑA DE AZÚCAR,
(En porcentajes)



Fuente: El estado del arte de los biocombustibles en Paraguay, 2007, Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura.

En lo que respecta a la comercialización de la caña de azúcar, generalmente el precio pagado a los productores del rubro es negociado entre las organizaciones de productores y las industrias, dependiendo de si la materia prima se destinará para alcohol, azúcar convencional o azúcar orgánica, aunque ocasionalmente el gobierno interfiere en la determinación de los precios, si las partes negociadoras no alcanzan acuerdos.

Así, durante mediados del año 2006, el gobierno fijó un precio de 108.000 guaraníes por tonelada de caña de azúcar, pagaderos por la fábrica estatal de alcohol absoluto ubicada en

Mauricio José Troche, como consecuencia de la presión ejercida por los cañicultores integrantes de la Asociación de Cañicultores.

2. Costos de producción

Vale aquí volver a mencionar lo ya señalado con las oleaginosas en cuanto a las estimaciones de costos y su fiabilidad como indicador económico, no deben perderse de vista las grandes variaciones que pueden sufrir los parámetros como consecuencia de fenómenos climáticos, plagas, variación de precios y otros.

CUADRO 10
COSTOS ESTIMADOS DE PRODUCCIÓN DE CAÑA DE AZÚCAR INDUSTRIAL, 2008
(En guaraníes)

Sistema: Convencional/ Mecanizado	Año2008	Base: 1 Hectárea		
Concepto	Unidad	Cantidad	Valor Unitario (G)	Total Gs. (G)
Costos Directos				4 396 659
a. Insumos técnicos				1 364 000
b. Insumos físicos				2 636 600
c. Interés s/Capital Operativo				360 054
d. Gastos Administrativos		$((a+b*0,18)/2)$ $((a+b*0,018)/2)$		36 005
Costos Indirectos				118 933
a. Bienes Móviles				118 933
b. Bienes Inmóviles				0
Total				4 515 592

Análisis de rentabilidad de caña de azúcar 1 ^{er} año			
Concepto		Unidad	Valor Gs.
1. Rendimiento estimado ^a		Ton/ha	50
2. Precio de venta ^b		G./Ton.	97 600
3. Ingreso total (1*2)		G./ha	4 880 000
4. Costo total		G./ha	4 515 592
5. Ingreso neto (3-4)		G./ha	364 408
6. Costo directos		G./ha	4 396 659
7. Margen bruto (3-6)		G./ha	483 341
8. Costo medio (4/1)		G./ton	90 312
9. Rentabilidad (5/4) 100		%	8

Fuente: Unidad de Estudios Agroeconómicos. Informe: COSTO DE PRODUCCIÓN Y RENTABILIDAD DE CAÑA DE AZÚCAR, 2008, Unidad de Estudios Agroeconómicos - Dirección General de Planificación/MAG

^a Provenido por Dirección de Censos y Estadísticas Agropecuarias a febrero 2008

^b Provenido por Dirección de Comercialización/Servicio de información de Mercados al Agricultor a febrero 2008.

G. Rubros alternativos para la producción de etanol

Además de la producción de etanol con base en la caña de azúcar, Paraguay cuenta con un potencial alcoholero productivo proveniente de rubros como el maíz, la *mandioca* y el *sorgo*.

El maíz y la mandioca son rubros agropecuarios de gran importancia histórica en el país, ya que el primero es producido tanto a nivel de pequeños como de grandes productores. El segundo por su parte, es uno de los más importantes rubros de autoconsumo de la pequeña unidad productiva familiar, por lo que su cultivo está ampliamente difundido en el territorio nacional.

La producción de maíz en la campaña agrícola 2005/2006, según datos del MAG se presentó como tal se observa en el cuadro 11.

CUADRO 11
INDICADORES DE RUBRO MAÍZ EN EL PARAGUAY, 2006
(En hectáreas, toneladas y kilos por hectárea)

Variable	Valor
Área de siembra	410 000 Hás
Producción	1 100 000 Ton
Exportación	389 440 Ton
Stocks finales	10 560 Ton
Rendimiento	2 500 Kg/Há

Fuente: El estado del arte de los biocombustibles en el Paraguay, 2007, Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura.

En la campaña agrícola 2005-2006, la superficie sembrada en el período de enero a marzo, con la introducción del maíz *zafriña*, ocasionó un aumento importante en la producción del 33%, con prácticamente la misma superficie de siembra.

En los últimos años, conforme a los datos presentados en el cuadro 12, se observó un rendimiento variable de la producción de maíz ya que se vio afectada por las inclemencias del tiempo, principalmente por la sequía de inicios del 2004 y del 2005.

CUADRO 12
HISTÓRICO DE SUPERFICIES, PRODUCCIÓN Y RENDIMIENTOS DE MAÍZ
(En hectáreas, toneladas y kilos por hectárea)

Zafras	Superficie (ha)	Producción (ton)	Rendimiento (Kg/ha)
2000/2001	406 365	947 167	2 331
2001/2002	382 737	931 720	2 434
2002/2003	382 737	931 722	1 432
2003/2004	440 000	1 120 000	2 545
2004/2005	440 000	830 000	2 075

Fuente: El estado del arte de los biocombustibles en el Paraguay, 2007, Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura.

En el cuadro 13, se muestra la distribución del tamaño de las explotaciones de maíz, observándose que existe una concentración productiva en las pequeñas fincas, principalmente de agricultura familiar, por lo que esto puede representar ingresos alternativos para las unidades familiares.

CUADRO 13
DISTRIBUCIÓN DE EXPLOTACIONES QUE CULTIVAN MAÍZ
(En porcentajes)

Tamaño de explotaciones	Porcentaje
a. Pequeñas	83%
b. Medianas	12%
c. Grandes	5%

Fuente: El estado del arte de los biocombustibles en el Paraguay, 2007, Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura.

La producción de maíz tiene como principal destino el consumo animal, el cual representa aproximadamente al 60%-70%. El consumo humano, con un porcentaje menor, utiliza el 30% a 40% del maíz producido. Estos datos incluyen tanto a la industria molinera —de la cual se obtiene el loco, la harina, los balanceados, etc.— así como al maíz vendido en grano fresco o seco.

El cultivo de mandioca por su parte está tradicionalmente destinado al mercado interno, pero en los últimos años ha demostrado una mayor incursión en la agroindustria, principalmente por la influencia de industrias procesadoras de almidón y por las exportaciones ocasionales al Brasil. En los últimos años, el comportamiento de este rubro se dio conforme lo que se observa a continuación en el cuadro 14.

CUADRO 14
HISTÓRICO DE SUPERFICIES, PRODUCCIÓN Y RENDIMIENTOS DE MANDIOCA
(En hectáreas, toneladas y toneladas por hectárea)

Zafras	Superficie (ha)	Producción (ton)	Rendimiento (ton/ha)
2000/2001	243 075	3 568 005	15
2001/2002	235 484	4 008 171	17
2002/2003	284 383	4 668 804	16
2003/2004	306 000	5 500 000	18
2004/2005	290 000	4 785 000	17
2005/2006	300 000	4 800 000	17

Fuente: El estado del arte de los biocombustibles en el Paraguay, 2007, Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura.

La exportación de almidón de *mandioca* en el 2006 tuvo un valor aproximado de 3.000.000 US\$FOB por casi 18.950 ton destinadas a países de la región principalmente y en menor medida a otros, como Estados Unidos, Canadá, España, México y Colombia.

H. Tenencia de la tierra y rubros energéticos

Considerando el análisis anterior realizado para las materias primas de vocación energética (*biodiesel* y etanol) y la naturaleza socio económico y tecnológico involucrado en la producción de cada opción, se puede realizar la siguiente clasificación:

1. Rubros para *biodiesel*

a) **Agricultura empresarial o altamente mecanizada (complejo soja (CS): soja, girasol, canola):**

La utilización de estos rubros para biodiesel no presenta barreras técnicas ni económicas relacionadas a la tenencia de la tierras, pues de por sí se sostienen independientemente del mercado del biodiesel. La cadena actual está orientada a la exportación, ya sea como granos o aceites y derivados; y ante la inexistencia de mecanismos impositivos o normativos del Estado que estimulen la utilización de estos aceites para la industria del biodiesel; el aspecto a primar será siempre el económico (biodiesel o exportación de aceites), con los resultados más probables que ya hemos analizado anteriormente.

b) **Agricultura Familiar (AF) (tártago, algodón, cocotero, piñón manso):**

Dada la necesidad de uso de mano de obra intensiva para estos rubros y que ya existe experiencia en la explotación y comercialización exitosas (a excepción del piñón manso) en esas condiciones, la utilización de estos rubros para biodiesel no tropezaría con problemas de economía de escala relacionadas al tamaño de explotaciones individuales ni al total de explotaciones de la AF región oriental (1.700.000 ha), sino más bien a otros problemas más relacionados a cuestiones técnicas y económicas (organización, asistencia técnica, investigación y desarrollo, apoyo crediticio, credibilidad, etc.), que sí pueden en todo caso dificultar el crecimiento de los cultivos destinados a biocombustibles. Por ello es indispensable lo ya señalado en cuanto a la eficiente organización y articulación de los actores de la cadena del biodiesel, incluyendo a los estamentos públicos vinculados de una u otra forma al ámbito de los biocombustibles.

2. Rubros para etanol

1) **Caña de azúcar:** la tenencia de la tierra no se constituye actualmente un problema que limite la producción, pues en ambos casos, tanto a nivel de la AF, como la agricultura mecanizada de la caña son competitivos, pues los precios pagados compensan aun los costos de producción. No tenemos datos fidedignos que sugieran una tendencia fuerte a la mecanización por motivos de reducción de costos, a diferencia de lo que aconteció con el CS para las oleaginosas.

La tenencia de tierra sí sería una limitante si la evolución del sector apunta a una mayor mecanización, pues una agricultura más mecanizada implica mayores áreas de explotaciones agropecuarias para ser factibles, entrando a competir con la AF por superposición de áreas agronómicas y con otros rubros extensivos, como las mismas oleaginosas del CS, ya que el ciclo de la caña es más largo que los rubros del CS, por lo que no pueden ser complementarios, sino mutuamente excluyentes.

2) **Cereales y mandioca:** el uso de cereales para la producción de etanol es factible técnicamente, considerando la gran producción y el potencial de éstos (maíz, sorgo, trigo) como rubros complementarios del CS, que ya fue descrito con anterioridad; por lo tanto valen los mismos comentarios ya dados sobre las oleaginosas del CS relativos a la independencia de su desarrollo respecto al programa etanol, pues en este caso, al igual que las oleaginosas, el etanol viene a ser un costo de oportunidad más para estos rubros —incluyendo la mandioca, más cultivada en la AF— cuya viabilidad dependerá fundamentalmente de los parámetros económicos de la opción, actualmente solo algunos ingenios utilizan cereales y en todos los casos como un complemento operativo para el ingenio, a fin de trabajar todo el año. Económicamente es impensable basarse solo en cereales y mandioca como materias primas alcohólicas, pues no se puede competir con la caña de azúcar, cultivo óptimo técnica y económicamente para la producción de azúcar y alcohol propiamente dichos en nuestro país.

IV. Eje económico social

A. Opciones de producción de materias primas y empleo asociado

1. Materias primas para *biodiesel*

Habiendo analizado en el capítulo anterior los principales indicadores de materias primas y cuantificado cada una de ellas, nos concentramos ahora al análisis de las implicancias sociales en cuanto a generación de empleo de la producción de las alternativas ya señaladas.

a) Oleaginosas del complejo *soja* (CS)

Incluimos aquí a la *soja* propiamente dicha, el girasol y la colza (también conocida como canola) dados sus similares características en cuanto a sus tecnologías y cadenas de producción ya señaladas en el capítulo anterior. También podemos incluir en este análisis al maíz y sorgo, cereales que son materias primas potenciales para el etanol y que como habíamos dicho, son culturas complementarias al CS y por lo tanto también puede generalizarse el análisis de la *soja* a éstos.

No ha sido posible hallar estudios socioeconómicos publicados que cuantifiquen el empleo generado por la Cadena de producción del CS en Paraguay, sin embargo se señala la despoblación de áreas rurales como un indicador del bajo empleo aparente generado que puede ser medido por la migración interna. Si bien es notoria una tendencia al despoblamiento rural en las últimas dos décadas en Paraguay, aparentemente no se ha realizado ningún estudio socioeconómico que muestre una correlación con base científica del CS con este fenómeno, por lo que no se puede atribuir como única causa el avance del CS.

En vista de lo anterior, adoptamos indicadores de un estudio realizado en Argentina como base de análisis y cuantificación de empleos generados, dadas las similitudes en las características tecnológicas y socioeconómicas del CS argentino con el paraguayo. Prevenimos por este motivo que no podemos saber a ciencia cierta qué grado de imprecisión cometemos al tomar estos indicadores y evidentemente faltarían realizar o publicar estudios que se hicieran en Paraguay sobre el mismo tema para cuantificar más directamente la realidad.

CUADRO 15
PARÁMETROS DE EMPLEO GENERADO POR COMPLEJO SOJA

Indicadores	Unidad de medida	Valor considerado
Empleo directo	Jornales/ha cultivada	0,27
Empleo indirecto	Puestos cadena/puestos directos	3,83

Fuente: Proyecto Transformación Productiva y Demanda de Mano de Obra en el Agro Argentino 1980-2000, Convenio entre el Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA) y los Centros de Investigación y Servicios (CEIL) – Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET). La Generación de Empleo en las Cadenas Agroindustriales, Juan Llach y otros, 2004, Fundación Producir Conservando (considera el empleo generado por toda la cadena agroindustrial *sojera*).

Para el cálculo del empleo total generado, suponemos lo siguiente:

1. Se realizan dos cultivos anuales por unidad de superficie.
2. La utilización de mano de obra por unidad de superficie es relativamente la misma con los rubros alternos del CS: girasol, canola, trigo, maíz, sorgo¹⁸.
3. El empleo indirecto (fijo) atribuible a los rubros alternos a la *soja* es el mismo en la cadena agropecuaria, debido a la utilización de las mismas infraestructuras logísticas, industriales y de servicios (silos de acopio, aceiteras, puertos, insumos, asistencia técnica, etc.).

Considerando estos supuestos podemos estimar la generación de empleo directo del CS a partir de las superficies declaradas de cultivo de cada rubro como sigue:

CUADRO 16
EMPLEO GENERADO POR COMPLEJO SOJA EN JORNALES ANUALES

Rubro	Superficies (ha)	Cálculo empleo directo (jornales)
Soja	2 429 794	656 000
Girasol	109 000	29 430
Canola	72 000	19 440
Trigo	320 000	86 400
Maíz	450 000	121 500
Abonos verdes	800 000	108 000 ^a
Total		1 020 770

Fuente: Elaborado por el autor sobre la base de datos de la Cámara Paraguaya de Exportadores de Cereales y Oleaginosas (CAPECO), 2007 <<http://www.capeco.org.py/estadisticas.php>>.

^a Se estima la mitad de utilización de mano de obra que la soja.

Considerando el año laboral de 280 días, el empleo generado equivaldría a 3.645 empleos fijos equivalentes (EFE) a tiempo completo. Considerando el indicador de empleo indirecto adoptado, se tendrían alrededor de 13.900 EFE relacionados a la cadena del CS a tiempo completo.

Hay que tener presente que los parámetros arriba expuestos son estimaciones teóricas a fines de comparación, pues en la realidad, la naturaleza estacional (*zafre*) de los cultivos hace que los puestos de trabajo equivalentes calculados se traduzcan en la realidad en por lo menos el

¹⁸ En realidad puede ser mayor en algunos rubros, pero menor en otros —como los abonos verdes o cultivos de cobertura— por lo que el supuesto podría ser razonable como un promedio.

doble de puestos de trabajo estacionales¹⁹; por lo que no debe perderse de vista el carácter meramente comparativo de los números arriba expuestos.

A medida que se avanza en la cadena de producción, los puestos de trabajo tienden a ser a tiempo completo (industrias aceiteras, servicios relacionados: provisión de insumos, asesoramientos técnicos, etc.), por lo tanto aumenta la calidad de la ocupación, conforme se avanza en la cadena (ocupación secundaria y terciaria).

b) Implicancia para cadena del *biodiesel*

Como ya se sostuvo en el capítulo III sobre eje agropecuario, la cadena de la CS es relativamente independiente del mercado de aceites para *biodiesel* en cuanto a que ya posee mercados tradicionales formados, por lo que solo tiene sentido el análisis si se considera la demanda agregada de oleaginosas cuyo destino específico sea el *biodiesel*. Habíamos visto sin embargo, las dificultades de orden económico que existen para el efecto y que impiden en las condiciones actuales pensar en basarse en el CS como surtidora de materia prima oleaginosa para *biodiesel* a futuro.

Asumiendo la posibilidad de que por diferentes mecanismos sea posible económicamente en algún momento utilizar estas oleaginosas para *biodiesel*, los números calculados arriba serían los que deberíamos considerar como generación de empleo del CS, pues simplemente se contabilizarían como parte de la cadena del *biodiesel* y no como parte del mercado de aceites comestibles.

Otra posibilidad, en este escenario, es analizar la producción marginal sobre las superficies existentes con destino a *biodiesel*, en este caso podemos calcular en base a lo expuesto que la creación de un puesto de trabajo permanente equivalente en el campo, implicando además 3,83 otros puestos de trabajo permanentes de empleo indirecto, exigiría la entrada en producción para *biodiesel* de 1.037 ha de cualesquiera oleaginosas mencionadas del CS²⁰.

c) Oleaginosas de la agricultura familiar (AF)

Podemos incluir en esta categoría al cocotero o *mbokajá* y la posible inclusión del piñón manso; por sus naturalezas, rubros agropecuarios que requieren de mano de obra intensiva comparada a los del CS ya analizado. En ambos casos la mayor incidencia de costos de la cadena está en la mano de obra, especialmente en el ámbito agropecuario.

d) Ámbito agropecuario

Debe prevenirse que las estimaciones siguientes son variables, dependiendo principalmente de la productividad de cada cultivo, la cual está íntimamente ligada al uso de mano de obra en la etapa de cosecha o recolección como costo principal de cada uno:

- El cultivo de una hectárea densificada de: cocotero o *mbokajá* precisa anualmente alrededor de 50 jornales/ha/año²¹.
- El cultivo de una hectárea densificada de: piñón manso (*jatropha curcas*) precisaría la utilización de 78 jornales/ha/año²².

¹⁹ Considérese como ejemplo que el ciclo del cultivo de soja dura alrededor de 6 meses en promedio y que una explotación sojera individual, sin importar su tamaño, precisa de por lo menos un personal permanente que quede al cuidado de la chacra, generalmente la carga laboral del personal se distribuye con otros trabajos agropecuarios.

²⁰ Un puesto de trabajo permanente equivalente: 280 jornales/año, dividido por 0.27 jornales/ha cultivada = 1037 ha/año cultivadas, si se conciben 2 producciones oleaginosas consecutivas en una misma área, la equivalencia sería aproximadamente la mitad, o sea, 519 ha cultivadas por empleo fijo equivalente (EFE).

²¹ Cálculos del autor basados en experiencias comprobables, consideraciones y supuestos: solo etapa de producción plena del cultivo (6° año), productividad promedio: 20 ton frutos/ha/año, laboreo manual.

Si bien los valores mostrados son importantes para poder cuantificar y extrapolar la potencial generación de empleo agropecuario relacionada a la explotación de estos cultivos con fines energéticos, debe prevenirse que solamente son parámetros válidos si primeramente se demuestra que la actividad es económicamente redituable con semejante utilización de mano de obra. Esto último aun no fue validado para el caso del piñón manso para el Paraguay, pues experiencias anteriores en otros países muestran que el costo de mano de obra es el factor más importante para la viabilidad o no de este cultivo²³.

e) **Ámbito industrial**

La industrialización del cocotero genera alrededor de 30 puestos de trabajo por instalación industrial, con la tecnología actualmente utilizada, esto equivale a 0,135 empleos industriales por cada empleo rural fijo equivalente. Nótese que a diferencia del complejo *soja*, con 3,83 empleos de la cadena por cada empleo rural generado, la cadena cocotero genera mucho más empleo en el campo que en la industria.

El uso de mano de obra en la industrialización del piñón manso, a falta de experiencias reales, la omitimos.

En ambos casos los empleos industriales están en función de la disponibilidad de materia prima, suponemos nueve meses de ocupación plena hasta nueva zafra a fin de simplificar cálculos.

f) **Cálculo de empleo generado por cada cadena oleaginosa**

CUADRO 17
PARÁMETROS DE EMPLEO GENERADO POR RUBROS OLEAGINOSOS
POTENCIALES DE LA AGRICULTURA FAMILIAR (AF)
(En cantidades por hectárea)

Rubro	Jornales hombre/ha	Empleos fijos equivalentes (EFE) anuales por ha	Un EFE/ha
Cocotero	50	0,178	5,6
Piñón manso	78	0,278	3,6

Fuente: Elaboración propia de autor.

g) **Generación de empleo en función de metas de sustitución planeadas**

Consideramos interesante comparar la generación de empleos fijos equivalentes de cada opción mencionada, para ello hemos calculado este parámetro en base a las superficies de cultivos necesarias para cubrir las metas de *biodiesel* según lo trazado como objetivos en la Mesa de Biocombustibles de REDIEX y suponiendo los rendimientos ya señalados anteriormente.

²² Cálculos del autor basados en informes de experiencias reales (Report: Expert Meeting *Jatropha*, Brussels, 2007), consideraciones y supuestos: sólo etapa de producción plena del cultivo (5º año), productividad promedio: 2 ton semilla/ha/año, laboreo manual. *JatrophaWorld* hablan de 105 y de hasta 300 jornales ha/año.

²³ En la mayoría de los reportes, se sostiene que el sistema *jatropha* es sólo viable si el salario diario es entre 2 y4 dólares, ambos menores a los usuales hoy en día en el campo paraguayo.

CUADRO 18
GENERACIÓN AGREGADA DE LOS EMPLEOS FIJOS EQUIVALENTES (EFE)
SEGÚN RUBROS OLEAGINOSOS Y META B5
(En hectáreas, metros cúbicos y cantidades)

Rubro	Un EFE rural/ha	B5 Demanda: (50.000 m3 de biodiesel)			
		Aceite (m3/ha/año)	Hectáreas necesarias	Número de EFE rurales	Número de empleos cadena
Complejo soja (CS) ^a	519	1,250	40 000	77	295
Cocotero	5,6	3,250	15 385	2 747	370 ^b
Piñón manso	3,6	0,700	71 400	19 833	

Fuente: Elaboración propia de autor.

^a Se toma como supuesto la combinación de dos oleaginosas en un año, por ejemplo, *soja* y *canola* a fines comparativos.

^b Sólo se considera empleo industrial directo.

Podemos concluir que las cadenas oleaginosas de la AF generarían un impacto mucho más grande que el CS en cuanto a generación de empleo, sobre todo en el ámbito rural, este resultado es consecuencia directa de la naturaleza de la mano de obra demandada para los rubros citados.

No debe olvidarse que en el caso del piñón manso aun debe evaluarse más a fondo si la alta demanda de mano de obra permite que sea factible la cadena de producción, pues podría acontecer que los costos sean prohibitivos aun para llegar a la viabilidad económica.

A continuación extrapolamos el impacto probable de la sustitución de mayores porcentajes de biodiesel²⁴ relativas a la generación de mano de obra agropecuaria e industrial, basándonos por ejemplo en la cadena del cocotero —la que aparece como más viable técnica y económicamente para este fin— sin poder aun cuantificar otros empleos indirectos generados como servicios, mantenimientos, transportes, insumos, etc.

Como ya se sostuvo una meta racional sería destinar la producción de *biodiesel* al consumo de la base productiva agropecuaria: tractores, cosechadoras y camiones —que por otro lado es el sector que produce gran parte de los alimentos destinados a la población nacional y la exportación— a fin de asegurar a futuro la disponibilidad de combustible para estas actividades.

CUADRO 19
EMPLEO POTENCIAL GENERADO POR CADENA DEL
COCOTERO EN FUNCIÓN A METAS BIODIESEL
(En metros cúbicos, hectáreas y cantidades)

Metas de sustitución	Demanda total de biodiesel (m3)	Hectáreas necesarias	Número de EFE	
			Rurales	Industriales
B20	100 000	50 000	8 930	1 200
B100	1 000 000	500 000	89 300	12 000

Fuente: Elaboración propia de autor

²⁴ Es posible concebir mezclas mayores de biodiesel en los motores de ciclo diesel actuales, pues las empresas automotrices y productoras de maquinarias agrícolas y de transporte ya admiten hasta un 20% de biodiesel (B20) en las mezclas de combustible, manteniendo las garantías; técnicamente no hay limitación para llegar a reemplazar hasta en un 100% el gasoil de origen fósil con biodiesel, incluso con los motores actuales.

2. Materias primas para etanol: caña de azúcar

a) **Ámbito agropecuario** (REDIEX, 2007)

La producción semi-mecanizada, con cosecha manual, precisa alrededor de 80 jornales/hombre/ha de cultivo o 0.285 EFE anuales.

La producción mecanizada, con cosecha a máquina, precisa alrededor de 53 jornales/hombre/ha de cultivo o 0.19 EFE anuales.

En ambos casos se prorratan los costos de implantación a 5 años, para obtener un costo promediado anual.

b) **Ámbito industrial**²⁵

Una industria alcoholera típica, llamada “ingenio”, con capacidad de producción de 10.000.000 lt/año, ocupa a 30 personas por turno, o sea, 90 personas durante toda la zafra cañera (unos 6 meses).

Convirtiendo nuevamente este indicador al sistema adoptado, equivale a 45 EFE anuales por ingenio o bien, suponiendo 50 ton de caña por hectárea de cultivo y una extracción de 75 lt/ton, se generarían 0.017 EFE industriales por cada hectárea cultivada.

c) **Generación de empleo en función a metas proyectadas**

Suponiendo un promedio de 50 ton de caña/ha de productividad y 75 lt de etanol por tonelada de materia prima, se puede calcular lo indicado en el siguiente cuadro.

Cabe señalar que actualmente la capacidad industrial instalada (de 115.000 m³ de producción de etanol) ya excede la demanda para mezclas de los volúmenes señalados para E24; por lo que deben buscarse nuevos mercados de exportación o trabajar debajo de la capacidad de producción industrial; por ello estamos en realidad cuantificando puestos de trabajos ya existentes y no futuros.

CUADRO 20
EMPLEOS GENERADOS POR CADENA DEL ETANOL DE CAÑA
(En hectáreas y cantidades)

Rubro	Un EFE rural/ha	E24 Demanda: (65.000 m ³ de etanol anuales, mercado actual)		
		Hectáreas necesarias	Número de EFE	
			Rurales	Industriales
Caña semi mecanizada	3,50	17 333	4 952	295
Caña mecanizada	5,26	17 333	3 295	295

Fuente: Elaboración propia de autor

Nota: Sólo destinadas a la producción de etanol absoluto o carburante.

Extrapolando los números, la hipotética meta de sustituir todo el consumo de gasolina²⁶ (E100) a mediano y largo plazo, basándonos en la cadena de la caña de azúcar —la que aparece

²⁵ El impuesto selectivo al consumo (ISC) de gasoil actual: 13.33 % sobre precio de venta al público, a precios actuales implica 7,68 M US\$ sobre 50.000 m³ de gasoil.

²⁶ Basado en el mercado actual de 270.000 m³ de naftas o gasolinas x 1,43 (equivalente energético) = 386.100 m³ de etanol. Este escenario hipotético sólo sería válido suponiendo que el parque automotor estuviese técnicamente preparado para el uso de etanol carburante puro, proceso que sólo empezó recientemente con la promulgación del Decreto 12.103: “Régimen de Incentivos para fomentar el desarrollo de los biocombustibles en el país”.

como más viable técnica y económicamente para este fin— se necesitarían alrededor de 103.000 ha de caña de azúcar destinadas solamente al etanol, lo que generaría la siguiente ocupación agregada: 29.430 EFE con caña semi-mecanizada y 19.580 EFE con caña mecanizada, además de alrededor de 3.500 empleos industriales por zafra. Todos los cálculos son por sobre las capacidades agropecuarias e industriales actuales.

B. Indicadores económicos

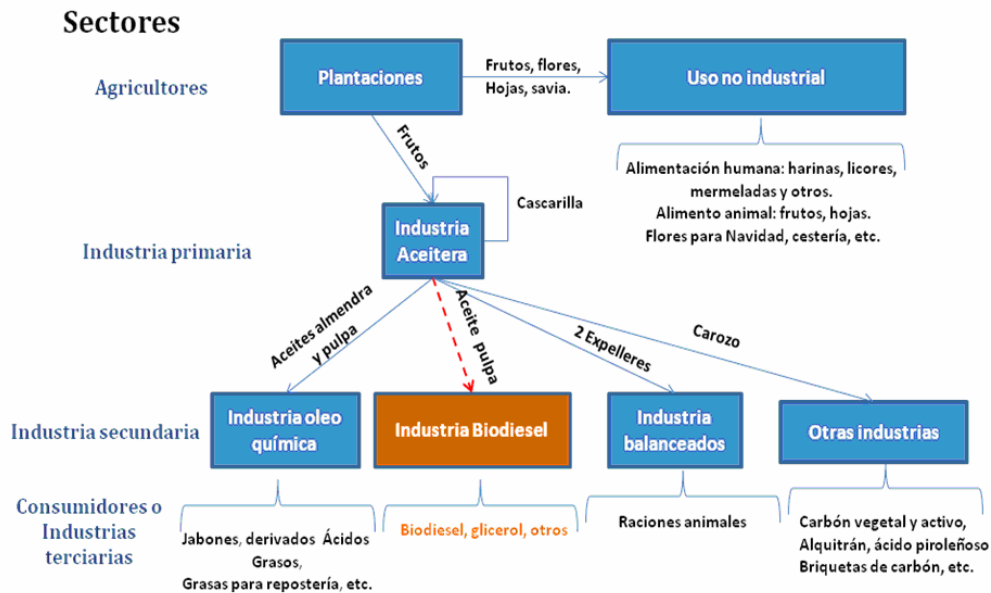
1. Generación agregada de ingresos para la población

a) Cadena del *biodiesel*

Considerando nuevamente la opción productiva más viable a primera vista —aunque a mediano plazo— para la producción de *biodiesel* —a partir del cocotero o *mbokajá*— partiendo de precios finales al consumidor similares a los de *gasoil* fósil y manteniendo los mismos márgenes actuales de distribución y comercialización; encontramos que el efecto agregado o adicional de la sustitución parcial (caso B5) se da solamente en los sectores primarios y secundarios de la cadena (véase figura 1), puesto que la distribución y comercialización son hecha con las mismas infraestructuras ya existentes y entonces la nueva producción agregada implica la implantación y puesta en marcha de cultivos, aceiteras y plantas de *biodiesel* nuevos.

A efectos de determinar los ingresos fiscales potenciales, y dada la complejidad del cálculo de ciertos impuestos relacionados a la tenencia de tierras y los generados por la propensión al consumo derivados de la actividad, solamente estimamos el impuesto al valor agregado (IVA) directo e impuesto a la renta del sector secundario (industrial).

FIGURA 1
CADENA PRODUCTIVA DEL COCOTERO O MBOKAJÁ



Fuente: Agroenergías SRL, 2008, <agroenergias@agroenergias.com.py>

CUADRO 21
POTENCIALES INGRESOS DE LA CADENA DE PRODUCCIÓN
DEL COCO INCLUYENDO *BIODIESEL*
(OBJETIVO DE B5 ó 50 MIL M³/AÑO DE *BIODIESEL*)
(En millones de dólares)

Sector Secundario		Sector Primario	
Aceitera		Cultivo de coco	
Provisión materias primas	65,69	Insumos y servicios	11,70
Insumos y servicios	5,53	Pago por mano de obra	14,40
Pago por mano de obra	2,74	Transporte materia prima	4,23
Depreciaciones	3,37	Cuota anual inversiones años 1-4	3,05
Servicios administrativos	1,08	Servicios administrativos	0,19
Servicios financieros	1,22	IVA Insumos y servicios	1,17
Total	79,63	Total	34,75
IVA (insumos)	0,55		
IVA (ventas)	11,96		
IVA	11,41		
Planta Biodiesel		Totales	
Provisión materias primas	30	Renta producción primaria	30,94
Insumos y servicios	8,72	Renta producción secundaria	54,81
Pago por mano de obra	0,18	Insumos y servicios	25,95
Depreciaciones	1,59	Pagos por mano de obra	17,32
Servicios administrativos	0,67	Depreciaciones activos fijos	8,01
Servicios financieros	0,81	Servicios de transporte	4,23
Total	41,97	Servicios administrativos	1,95
IVA Crédito (insumos y materia prima)	3,87	Servicios financieros	2,03
IVA Débito (ventas)	5,68	IVA “agregado” directo	14,39
IVA	1,81		
Ingresos nuevos para el país	143,20		
Ingresos fiscales potenciales	30,83		

Fuente: Elaboración propia de autor

Se debe hacer la salvedad de que en realidad la mayor parte de los ingresos de los sectores primario y secundario de la cadena de producción no pueden atribuirse directamente al *biodiesel*, de hecho, solamente alrededor de un 20% de los ingresos de la aceitera provienen del aceite de pulpa de coco destinado al *biodiesel*. Este efecto demuestra la gran flexibilidad económica del rubro cocotero debido a la diversidad de subproductos útiles y con mercados de consumo ya existentes (industria jabonera, alimentación animal, combustibles sustitutos de la leña, etc.). La utilización del aceite de pulpa de cocotero para la producción de *biodiesel* en realidad solo implica el cambio de uso final de este producto, de materia prima de jabones de baja calidad a *biodiesel*, dándole mayor valor agregado final.

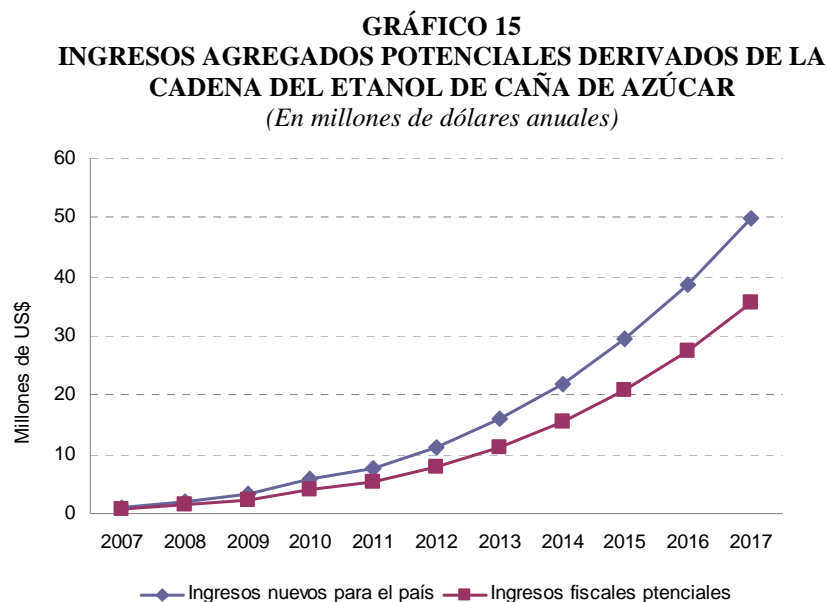
Se puede notar que es muy significativa la generación de nuevos ingresos y sobre todo, como era de esperarse, la distribución de ingresos es muy equitativa, pues más de la tercera parte va a la producción primaria (mano de obra y renta primaria) y dadas las características del cocotero como cultivo de la AF, con predominancia de pequeños cultivos repartidos entre miles de productores, el efecto sería de una repartición bastante horizontal de los ingresos.

Los ingresos fiscales potenciales calculados son por lo menos cuatro veces superiores²⁷ a los percibidos hoy en día por el mismo volumen de *gasoil* fósil (50.000 m³) en conceptos de impuesto selectivo al consumo (ISC), la mayor parte de ellos derivan de las rentas generadas por otros subproductos de la cadena de producción distintos al *biodiesel*, que se darían necesariamente por la naturaleza del cocotero.

Debe hacerse la salvedad que los cálculos realizados son muy gruesos y solo con estudios más específicos se podrían determinarlos con mayor precisión.

b) Cadena del etanol

Tomando la cadena de la caña de azúcar, graficamos a continuación los resultados del estudio (REDIEX, 2007).



Fuente: Cuantificación de los Impactos Económicos de la Implementación de la Política de Impulso a los Biocombustibles- PRODUCCIÓN DE ETANOL, 2007, Red de Inversiones y Exportaciones (REDIEX)

La proyección de ingresos nuevos está basada en otra proyección de aumento de consumos de etanol en el mercado nacional de vehículos de ciclo nafta, considerando un crecimiento en el consumo de naftas con mezcla de 24% (E24) y un aumento del uso de alcohol carburante (utilizado al 100%).

²⁷ El impuesto selectivo al consumo (ISC) de *gasoil* actual: 13.33 % sobre precio de venta al público, a precios actuales implica 7,68 M US\$ sobre 50.000 m³ de *gasoil*.

CUADRO 22
PROYECCIÓN DE CONSUMOS DE ETANOL EN EL PARAGUAY
(En litros)

Año	Alcohol		Total
	Absoluto	Carburante	
2007	68 340	646	68 985
2008	70 732	1 127	71 858
2009	72 960	1 655	74 615
2010	75 258	2 861	78 119
2011	77 104	3 710	80 814
2012	78 731	5 344	84 075
2013	80 127	7 591	87 717
2014	81 283	10 396	91 679
2015	82 195	13 877	96 072
2016	83 140	18 173	101 313
2017	84 117	23 450	107 567

Fuente: Cuantificación de los Impactos Económicos de la Implementación de la Política de Impulso a los Biocombustibles- PRODUCCION DE ETANOL, 2007, Red de Inversiones y Exportaciones (REDIEX)

Al igual que el caso *biodiesel* el efecto es altamente positivo; pero la diferencia está en que por su naturaleza, la cadena del cocotero para *biodiesel* posee un impacto mayor por la coproducción de otros bienes de consumo con mayor valor que el *biodiesel*, por lo que aun un B5 a partir del cocotero generaría más ingresos que un E24 para la población.

2. Impacto de biocombustibles en la balanza comercial del Paraguay

A fin de dimensionar y cuantificar cómo la producción y consumo de biocombustibles puede afectar a la economía nacional mostramos primeramente datos de la balanza comercial del último ejercicio disponible, identificando las importaciones de combustibles diesel (*gasoil*) y gasolinas.

CUADRO 23
IMPORTACIONES DE COMBUSTIBLES MAYORITARIOS
VERSUS IMPORTACIONES TOTALES
(En metros cúbicos y millones de dólares)

	Volúmenes importados (m3)	Millones de US\$ (base FOB)
Importaciones bienes	-	5 772
Combustibles principales:		
Diesel oil (gasoil)	996 000	478
Gasolinas diversas	264 000	145
% sobre total importaciones		10,8%

Fuente: Elaborado por el autor a partir de datos del Banco Central del Paraguay, Petróleos Paraguayos (PETROPAR) y del Ministerio de Industria y Comercio (MIC), año 2006.

Se puede observar que solo la importación de los dos principales combustibles de automoción implica alrededor del 11% del valor total de las importaciones del Paraguay.

a) Metas de sustitución con biocombustibles y valores retenidos

Supuestos:

- (a) económicamente existe competitividad de los biocombustibles frente a la importación de derivados del petróleo, lo cual sería posible con las cadenas de producción ya vistas.
- (b) existe relativa equivalencia en costos de operación de vehículos o maquinarias con biocombustibles²⁸.
- (c) los precios de biocombustibles son equivalentes a los derivados del petróleo para el consumidor final²⁹.

Considerando lo anterior, el efecto de ahorro de divisas, acorde a las metas de sustitución ya adoptadas y utilizando los consumos actuales de combustibles, sería el siguiente:

CUADRO 24
VALORES RETENIDOS EN FUNCIÓN A METAS DE SUSTITUCIÓN DE
COMBUSTIBLES FÓSILES POR BIOCOMBUSTIBLES
(En millones de dólares)

Metas Biodiesel		Metas etanol	
B5	Por cada porcentual de mezcla agregado	E24	Por cada porcentual de mezcla agregado
23,9	4,78	34,8	1,45

Fuente: Elaboración propia de autor

No debe perderse de vista que se utilizaron precios de combustibles importados FOB del año 2006, teniendo en cuenta el gran repunte del petróleo y derivados, el efecto neto actual de las sustituciones será evidentemente mayor en términos porcentuales y en valores absolutos.

Debe notarse también, que el impacto del *biodiesel* es mayor que el del etanol por cada 1% de mezcla agregada, esto sucede porque el mercado del combustible diesel sustituido es alrededor de cuatro veces el mercado de gasolinas.

3. Histórico de la Balanza Comercial en el Paraguay

La importación de combustibles fósiles del exterior está registrada en la balanza de pagos como parte de la importación de bienes.

²⁸ El costo operativo difiere en la realidad porque el rendimiento efectivo no es igual a los combustibles sustituidos. Por ejemplo 1 litro de gasolina rinde como 1,43 litros de alcohol carburante, por lo que el precio del etanol debe ser menor para igualar el desempeño operativo. El biodiesel en cambio, casi no difiere operativamente del gasoil.

²⁹ Basado en la experiencia de otros países, y de no mediar políticas de incentivación vía precios hacia los biocombustibles, éstos varían muy poco de los precios de los combustibles fósiles. (efecto sustitución).

CUADRO 25
HISTÓRICO DE BALANZA COMERCIAL DE BIENES, 1995-2006
(En millones de dólares)

Partida	Bienes	Crédito	Débito
1996	-586,5	3 796,9	-4 383,4
1997	-864,9	3 327,5	-4 192,4
1998	-392,9	3 548,6	-3 941,5
1999	-440,5	2 312,4	-2 752,9
2000	-537,2	2 329,0	-2 866,1
2001	-613,9	1 889,7	-2 503,6
2002	-279,9	1 858,0	-2 137,9
2003	-276,1	2 170,0	-2 446,1
2004	-244,1	2 861,2	-3 105,3
2005 (proyectado)	-462,5	3 351,8	-3 814,3
2006 (proyectado)	-934,6	4 837,6	-5 772,2

Fuente: Balanza de Pagos y posición de inversión internacional, 2007, Gerencia de Estudios Económicos, BCP

Fijándonos en el resultado del 2006, el éxito en las metas de sustitución planteadas, *biodiesel* 5% (B5) y etanol 24% (E24), implicarían una reducción del déficit de la balanza comercial del orden de 6%. Nótese que solo la importación de los combustibles principales equivale a dos terceras partes (66%) del déficit de la balanza comercial, de ello se puede concluir que cualquier sustitución a importaciones de combustibles del exterior ayudaría notoriamente a nivelar la balanza comercial, que muestra un historial negativo.

A lo anterior debe agregarse que el relativo encarecimiento de los derivados del petróleo a nivel mundial desde el año 2004 y su tendencia alcista continua —y de no prosperar los planes de biocombustibles nacionales— hará que posiblemente los valores erogados por importación de combustibles aumenten porcentualmente más allá del 11% calculado, consolidando a los combustibles como la principal partida de importación del Paraguay y aumentando los riesgos de desabastecimiento futuros (seguridad energética).

C. Aplicación de incentivos tributarios para inversión y consumo

1. Inversiones

Las inversiones relacionadas con la producción de biocombustibles están reguladas con la Ley 2748/05 de Fomento de los Biocombustibles y Decreto Reglamentario N° 7.412/06 principalmente. También se enmarcan en las respectivas leyes en cuanto a las condiciones y pasos para los permisos de construcción y habilitación de fábricas de biocombustibles.

Igualmente este tipo de inversiones poseen los beneficios de la Ley 60/90 de “Régimen de Incentivos Fiscales a la Inversión de Capital de Origen Nacional y Extranjero”, semejantes a los ya existentes para otros tipos de inversiones.

Como beneficios, la Ley 60/90 ofrece un conjunto de exenciones fiscales y municipales para la radicación de capitales, por un período máximo de diez años. Entre éstas destacan:

- Exoneración total de los tributos fiscales y municipales sobre la constitución, inscripción y registro de sociedades y empresas.

- Exoneración total de los gravámenes aduaneros y otros de efectos equivalentes sobre la importación de bienes de capital, materias primas e insumos destinados a la industria local, y previstos en el proyecto de inversión.

Adicionalmente, la Ley de Reordenamiento Administrativo y Adecuación Fiscal realizó cambios importantes en la Ley 60/90 e incluyó los siguientes beneficios:

- La inversión extranjera que supere los US\$5.000.000 estará exonerada de los tributos sobre las remesas y pagos al exterior por concepto de intereses, comisiones y capital, durante el plazo establecido en el proyecto de inversión.
- La inversión que supere los US\$5.000.000 también estará exonerada de los impuestos sobre los dividendos y utilidades del proyecto de inversión por un período de hasta diez años, siempre que dicho impuesto no sea crédito fiscal del inversor en su país de origen.

Según el nuevo régimen tributario, establecido en la Ley 2.421/04, los inversionistas amparados bajo la Ley 60/90 también están exonerados del pago del IVA sobre los bienes de capital, nacionales o importados, de aplicación directa en el ciclo productivo industrial o agropecuario.

A los beneficios de la Ley 60/90 y sus modificaciones pueden acceder las personas físicas y jurídicas que se adecuen a las disposiciones legales vigentes.

2. Consumo

Las mismas leyes y decretos ya citados contemplan ciertas ventajas de índoles impositivas y normativas para alentar el consumo de biocombustibles, entre ellas:

- Autorización para la comercialización de biocombustibles.
- No aplicación del ISC.
- Porcentajes de mezcla según Resolución 234/07 del Ministerio de Industria y Comercio.

A ello debe agregarse la reciente promulgación del Decreto N° 12.240 “Régimen de Incentivos para fomentar el desarrollo de los biocombustibles en el país”:

- Etanol: liberación arancelaria (0%) para la importación de vehículos *flex fuel* (biocombustibles), con el fin de incentivar el consumo de etanol en el país.
- Liberación del ISC por plazo indeterminado.
- Aplicación del IVA en un 2% sobre precio de venta a biocombustibles, *nafta* virgen y el *gasoil* normal —los otros combustibles fósiles gravarán un 10% de IVA, para los combustibles fósiles, la medida entrará en vigencia desde el 1 de enero de 2009³⁰.

Cabe resaltar que hasta el Estado no contempla ningún tipo de incentivo del tipo económico, provisional ni permanentemente —subsidios— destinado a colaborar con el desarrollo de proyectos y consumo de biocombustibles en el país. Sin embargo de los análisis ya expuestos en los capítulos anteriores puede notarse que el etanol de caña y posiblemente el *biodiesel* derivado del cocotero paraguayo (*mbokajá*) ya son factibles económicamente sin este tipo de incentivo económico.

Como se señaló, es muy difícil concebir la elaboración de biocombustibles de otras materias primas sin algún tipo de incentivo económico que haga viable su producción, lo cual tampoco es recomendable habiendo opciones *a priori* competitivas para la elaboración tanto de etanol como *biodiesel*, situación que se da en muy pocos países del mundo.

³⁰ Actualmente tanto el etanol como el biodiesel gravan IVA en un 10%, mientras los combustibles fósiles importados no lo hacen. Esto generó ya muchos reclamos de los sectores productores de biocombustibles al tener que absorber este impuesto como costo. La aplicación efectiva del Decreto 12.240 del 26 de mayo de 2008, prevista para enero de 2009 sería una solución al problema actual.

V. Eje ambiental

A. Externalidades generadas durante el ciclo de vida, efecto agregado

La completa y correcta evaluación de actividades productivas ha tomado hoy en día un enfoque mucho más integral y sistémico, buscando abarcar aspectos que en tiempos anteriores ni siquiera eran considerados como por ejemplo la identificación y mitigación de impactos ambientales generados, la eficiencia energética o tasa de retorno energético (TRE), el ciclo de carbono, emisiones u otros.

Al hablar de la generación de energía y combustibles en particular, este nuevo enfoque se convierte en prioritario, habida cuenta de que se atribuye gran parte del fenómeno del calentamiento global a la acción de los gases de efecto invernadero (GEI) provocados por la utilización de los mismos en instalaciones móviles (maquinarias agrícolas, sector transporte). Más aun, habida cuenta de la inminente migración a EERR que con seguridad deberá acontecer en los próximos años y su importancia estratégica para la viabilidad de todo el sistema socioeconómico desarrollado en las últimas décadas, se vuelve también imprescindible identificar qué vías de conversión son más sostenibles en el tiempo y cuáles realmente ayudan a minimizar la utilización de recursos no renovables en las actividades humanas.

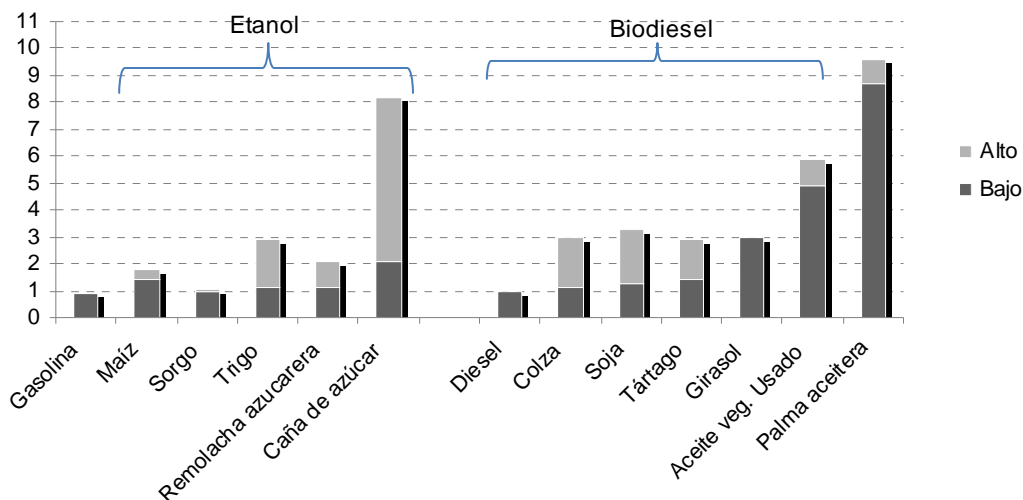
Una herramienta muy importante desarrollada para el efecto es el Análisis de Ciclo de Vida (ACV) (Life Cycle Assessment (LCA)), de la actividad, que pretende describir y cuantificar todos los factores que intervienen para que una actividad funcione, de modo a poder determinar las entradas y salidas de materia y energía del proceso completo y partir de ello determinar parámetros diversos relativos al balance de emisiones, energía entregada versus energía insumida, etc., de modo a poder realizar un análisis marginal de una determinada actividad en relación a otra que pretenda sustituir, parcial o totalmente y sus efectos medioambientales.

Llevando lo antedicho al campo de los biocombustibles y su pretendido rol de sustitución a sus homólogos fósiles, encontramos que aun existen relativamente pocos estudios de análisis de ciclo de vida realizados y los pocos existentes no pueden en ningún caso extrapolarse para todos los casos, aun si estuvieran referidos a una misma especie vegetal, esto sucede, entre otros factores, porque:

1. La diversidad de materias primas para biocombustibles es muy grande, tanto para la obtención de *biodiesel* —especies oleaginosas— como para etanol —especies ricas en sacarosa, almidón o celulosa. Debe tenerse en cuenta que muchos rubros nuevos concebidos para su uso como materia prima poseen requerimientos muy diferentes a los cultivos tradicionales y no necesariamente producen cambios acusados en la utilización de la tierra disponible.
2. La biomasa por sí misma varía mucho en productividad anual dependiendo de factores climáticos y edafológicos, de por sí muy diferentes de región a región de un mismo país y mucho más entre países y continentes.
3. Los factores de producción pueden ser muy cambiantes dependiendo de lo expuesto en el punto 2, por ejemplo, la necesidad de insumos depende mucho de la calidad de tierras, clima y ecología de la región, la forma de cultivo y la propia energía requerida para la actividad puede tener diversos orígenes, diferentes en cada país (por ejemplo energía eléctrica: generación hidroeléctrica, gas natural, carbón, etc.).
4. El laboreo durante la fase agronómica es completamente diferente según cada especie y también varía de país a país para un mismo rubro. Los cultivos perennes precisan mucho menos laboreo de mantenimiento y agroquímicos.
5. Las tecnologías de conversión son diferentes dependiendo de la materia prima utilizada.
6. Las distancias a los mercados consumidores de biocombustibles afectan también los resultados, generalmente el biodiesel necesita menos transporte que el etanol por la posibilidad de utilizarlo en las mismas áreas agrícolas productoras.
7. Las metodologías para realizar los ACV —como la ISO 14.040— no están específicamente concebidas para biocombustibles y por lo tanto muchos estudios están hechos con diferentes metodologías, lo que dificulta la comparación y además dependen aun en parte de la subjetividad de los autores.

A pesar de ello, los resultados de los ACV ya realizados a cadenas de producción de biocombustibles específicas muestran en general balances positivos en cuanto a los parámetros más importantes, como ser, emisiones generadas y energía neta proporcionada. Sin embargo también los resultados varían mucho dependiendo del cultivo específico y en qué condiciones se realiza. Mostramos a continuación un resumen de resultados de estudios realizados sobre diversos biocombustibles (Fritsche, 2006).

GRÁFICO 16
RENDIMIENTOS DE ENERGÍA NETA DE DIFERENTES CULTIVOS DE
BIOCOMBUSTIBLES EN OTROS PAÍSES



Fuente: “UNIDO Biofuels Strategy” preparado por Uwe R. Fritsche y Wolfgang Jenseit, Eco Instituto, Oficina de Darmstadt, 2006. – Obtenible en: <http://www.unido.org/>

En general se notan mejores resultados en los cultivos perennes o de ciclo más largo que los anuales en cuanto a tasa de retorno energético (TRE).

La palma aceitera muestra mejor resultado entre las oleaginosas y la caña de azúcar entre las alcoholígenas. El *biodiesel* derivado del cocotero *Mbokajá* tendría un desempeño parecido — y posiblemente mayor— al de la palma aceitera dada su alta productividad por hectárea y el uso energético mayor de varios subproductos. Se podría suponer también que la producción nacional de caña de azúcar estaría en un nivel no muy lejano a la producción brasileña en cuanto a este parámetro. La evaluación de las alternativas para la producción de biocombustibles debe necesariamente ser hecha también desde el punto de vista energético, pues cada país o región debería aprovechar la opción productiva más eficiente para cada caso.

B. Reducción de emisiones derivadas de la utilización

Uno de los argumentos más reiterados sobre los beneficios de la utilización de los biocombustibles en sustitución de sus homólogos fósiles es la reducción de emisiones de GEI o contaminantes como el CO₂, CO, CH₄, material particulado, entre otros. Si bien se han comprobado mediante numerosos estudios estos efectos positivos, debe hacerse nuevamente la salvedad de que el efecto real de todo el ciclo de vida de la producción y consumo de un biocombustible, en particular en cuanto a emisiones, depende de nuevo fuertemente de las condiciones ya enumeradas más arriba. Por esa razón, en la actualidad es imposible cuantificar razonablemente el nivel de emisiones derivadas de una eventual cada vez mayor utilización de éstos en el Paraguay, sino a lo sumo basarnos en estudios hechos en otros países y esperar por la realización de estudios más específicos a las condiciones nacionales.

Por otro lado, como las opciones más factibles técnica y económicamente son cultivos perennes (cocotero y *jatropha*) y caña de azúcar, según analizamos en capítulos anteriores, y que por experiencias en otros países se ha mostrado que éstos tienen mejor desempeño que los cultivos anuales, podemos sostener *a priori* que posiblemente los resultados sean por lo menos

iguales, sino mejores a los de los estudios señalados. Refuerza esta afirmación la disponibilidad de energía eléctrica de origen renovable (hidroeléctrica) y que su utilización en la Cadena de producción de los biocombustibles haría que éstos emitan menos GEI en el ciclo de vida.

CUADRO 26
REDUCCIÓN DE EMISIONES Y RETENCIÓN DE CO₂ DE
BIOCOMBUSTIBLES, DIVERSAS FUENTES
(En porcentajes)

Emisión	Biodiesel puro ^a	Etanol puro	Biodiesel 5% (B5)	Etanol 24% (E24)
CO	-35	-49	-1,75	-11,7
NOx	+13,3 ^b	-14	+2,67	3,36
Material particulado	-32		-1,6	
SOx	-100		-5	
Aldehídos				
Compuestos aromáticos (cancerígenos)	-100			
Hidrocarburos no quemados		-47		-11,28
Ton CO2 retenidas/ton biocombustible	2,47	2,65	0,123	0,64

Fuente: An Overview of Biodiesel and Petroleum Diesel Life Cycles, Sheehan et al. - NREL/TP-580-24772.

^a Basados en *biodiesel* de aceite de soja.

^b Con *biodiesel* derivado de otros aceites vegetales, las emisiones pueden ser menores que las del *gasoil*.

Repasamos solo modo indicativo, los principales resultados hallados en cuanto a reducción de emisiones de GEI del *biodiesel* y etanol.

Se puede afirmar que en general el uso de biocombustibles evita en gran medida la emisión de GEI y otros gases y partículas tóxicas para la salud humana, normalmente las mezclas de éstos con sus homólogos fósiles también conducen a reducir las emisiones en forma proporcional al porcentaje de biocombustible presente en la mezcla.

De acuerdo a los datos anteriores podemos realizar el siguiente cuadro³¹:

CUADRO 27
RETENCIÓN DE GASES DE EFECTO INVERNADERO (GEI) DE BIOCOMBUSTIBLES
(En toneladas equivalentes CO₂)

Retención de GEI (toneladas métricas)	Etanol		Biodiesel	
	E24	Por cada % de aumento	B5	Por cada % de aumento
Total	172 800	7 200	123 000	24 600

Fuente:Elaboración propia de autor

Como era de esperarse, las metas más cercanas ya trazadas en biocombustibles conllevan reducciones de GEI, sin embargo debe nuevamente prevenirse que tanto las emisiones de GEI y otros gases solo pueden cuantificarse con más precisión luego de realizarse estudios específicos de análisis del ciclo de vida de las cadenas de producción de cada materia prima seleccionada para la producción de etanol y *biodiesel*, por lo que los resultados mostrados son solo estimativos.

La posible certificación y posterior comercialización de reducciones certificadas de emisiones (RCE) generados por el uso de biocombustibles es aun imposible actualmente, debido a los requisitos exigidos por la Junta Ejecutiva del Mecanismo de Desarrollo Limpio (MDL)

³¹ Basados en el consumo actual de combustibles fósiles: 1.000.000 m3 de diesel y 270.000 m3 de gasolinas.

organismo encargado de aprobar las metodologías de contabilidad de emisiones. El principal obstáculo detectado es la demostración de adicionalidad. También, debido a las complejidades surgidas por la elección de los rubros agropecuarios y su situación país específico ya explicada, es evidente que será difícil incluso utilizar metodologías que sean aprobadas para otros biocombustibles, por lo que se evidencia que deben gestionarse desde cero la certificación de emisiones, utilizando herramientas como el análisis de ciclo de vida.

C. Impacto ambiental de los biocombustibles.

Analizando el Ciclo de Vida de la producción de biocombustibles, encontramos que los principales impactos ambientales se encuentran en el ámbito agropecuario, por la alta ocupación de áreas relativas a los otros eslabones de la cadena y absolutas con respecto a la disponibilidad territorial. Luego, la importancia mayor de los impactos de la cadena será en el campo.

Debemos señalar que en el Paraguay no existe un ordenamiento territorial relacionado a la utilización de la tierra que tenga la categoría de mandato legal, únicamente existen clasificaciones sobre capacidad de la tierra a modo de recomendación.

Considerando lo antedicho en cuanto a resultados de análisis de ciclo de vida en otros países y habiendo analizado los factores económicos y técnicos de las materias primas ya citadas para la generación de biocombustibles, podemos sostener lo siguiente:

1. Biodiesel

a) Oleaginosas del complejo soja (CS):

El impacto ambiental generado por el uso *biodiesel* solo sería diferente al que actualmente ya genera esta cadena productiva si se concibe producción agregada —que a la vez exige nuevas superficies cultivadas— atribuible a la demanda de biocombustibles. El uso de materia prima actual —no agregada— generada en el CS para *biodiesel* solo cambiaría la cadena en la etapa de fabricación de *biodiesel* y utilización final en motores de ciclo diesel. Sin embargo, vemos difícil que acontezcan uno u otro caso, pues creemos que las consideraciones técnicas y económicas ya señaladas en el capítulo sobre eje agrícola posiblemente conduzcan a la no utilización masiva de estas materias primas de relativos altos costos y destinados al mercado de alimentos (*commodities*) y sí al desarrollo de otras más factibles para este fin.

b) Oleaginosas de la agricultura familiar (AF):

El impacto ambiental generado por los rubros considerados —cocotero y piñón manso— aun debe ser estudiado; sin embargo de resultados obtenidos en otros países sobre piñón manso y la palma aceitera —muy similar a nuestro cocotero— se puede concluir que tendrían un desempeño ambiental— en el ámbito agropecuario —mejor que los rubros anuales del CS, sobre todo en la menor utilización de maquinaria agrícola (emisiones CO₂, particulados, NO_x, etc.) e insumos químicos como fertilizantes y pesticidas (efecto “deriva” en la salud humana, nitrificación y eutrofización, contaminación de napas freáticas, entre otras).

El cocotero presenta la ventaja de ser una especie autóctona, ya conocida y apreciada en el país por su múltiple utilidad doméstica e industrial, con relativas pocas plagas y cuidados culturales, alta productividad relativa —lo que se traduce en menor superficie de cultivos. Además se podrían utilizar áreas hoy ocupadas para ganadería extensiva u otras tierras no aptas para agricultura mecanizada, pudiéndose ver su implementación como una reforestación con una especie autóctona.

En el caso del piñón manso sin embargo, aun se adolece de mucha información básica sobre experiencias realistas de producción, efectos del manipuleo —recordar que se trata de una especie tóxica— destino final de los subproductos de la industrialización, entre otros, para poder realizar estudios de impacto ambiental que abarquen todo el ciclo de vida.

2. Etanol

a) Caña de azúcar:

El análisis de las externalidades ambientales causadas por la utilización de este rubro para la obtención de etanol debe partir nuevamente de un enfoque agregado, o sea, la línea de base ambiental debe establecerse de acuerdo a los incrementos de producción atribuibles directamente al consumo de etanol carburante en el país o al exterior.

b) Otras materias primas:

Trigo, maíz y *sorgo*; al constituirse mayormente cultivos alternos al CS ya descrito, técnicamente tendrían un impacto similar a los actuales, simplemente se potenciarían estos cultivos en detrimento de otros alternativos en áreas ya explotadas. Sin embargo vale nuevamente lo antedicho sobre las oleaginosas del CS en cuanto a que normalmente estos productos con valor internacional (*commodities*) no son técnica ni económicamente los más factibles para una producción continua de etanol, sino a lo sumo rubros alternos a la caña de azúcar que podrían o no explotarse para este uso si las condiciones económicas se diesen.

En todo caso, se evidencia que para confirmar o no lo antedicho sobre las opciones, es precisa la realización de Estudios de Impacto Ambiental genéricos y específicos de todas las cadenas de biocombustibles *a priori* factibles, a fin de determinar más objetivamente las externalidades positivas o negativas que puedan surgir. Deben preverse los siguientes aspectos ambientales en los estudios:

- Efectos en el cambio del uso de la tierra.
- Impactos sobre la biodiversidad.
- Minimización de emisiones de GEI.
- Prevención de erosión y degradación de suelos.
- Protección de cursos de agua.
- Mínimo uso de agroquímicos.
- Inclusión social de los proyectos.

VI. Eje industrial

A. Requisitos para la instalación de plantas de biocombustibles

Los requisitos para la instalación de plantas de biocombustibles pueden resumirse a partir de los siguientes puntos contemplados en el Decreto N° 7.412/06 “Reglamentario”

- Las personas físicas o jurídicas interesadas en ingresar al sector de biocombustibles deberán presentar una solicitud al Ministerio de Industria y Comercio (MIC), acompañado de un proyecto de inversión.
- El MIC se encargará de la verificación y lo habilita a través de una oficina especial.
- El Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG) deberá certificar el origen de las materias primas, que deben ser obligatoriamente nacionales.
- El MIC por resolución determinará el porcentaje de mezcla de acuerdo a la producción nacional.
- La Secretaría del Ambiente (SEAM) deberá aprobar la Licencia Ambiental para el proyecto particular y se implementarán los beneficios dados por el Mecanismo de Desarrollo Limpio (MDL)
- Las refinerías de petróleo, las distribuidoras de combustibles, los transportistas de combustibles y las estaciones de servicio deberán tener adaptadas sus instalaciones y equipamientos para el almacenaje, transporte y expendio de los Biocombustibles.
- Es obligatorio cumplir con las normas paraguayas (NP) códigos PNA 16018 05 (*Biodiesel*) y PNA 025 (etanol)
- Las mezclas a ser comercializadas a través de las estaciones de servicios en todo el territorio de la República, será responsabilidad de las empresas distribuidoras.

B. Viabilidad técnica de mezclas de biocombustibles en parque automotor actual

Si bien justamente la relativa factibilidad técnica de sustituir parcial o totalmente a los combustibles derivados del petróleo ha sido la causa principal del desarrollo de los biocombustibles y sus normativas técnicas han sido desarrolladas en base a ensayos y experiencias con motores de tecnología actual, aun no existe un consenso del mercado automotriz mundial y el máximo porcentaje de utilización de éstos en los motores existentes varía bastante dependiendo del tipo de vehículo y su procedencia.

Debe considerarse en este punto la posición generalmente muy conservadora de los fabricantes en cuanto a nuevos combustibles, esto significa que el proceso de garantizar motores con los mismos es muy lento y cauteloso.

1. Etanol

Las recomendaciones de los fabricantes sobre el uso de etanol en mezcla con las gasolinas varían entre la no utilización, utilización hasta ciertos porcentajes (típicamente a nivel internacional se habla de 5 a 10%) hasta la utilización de alcohol carburante puro en motores especialmente diseñados para ello (tecnología *flex fuel*). La experiencia y el desarrollo más adelantado en el mundo en el uso de etanol en diversas proporciones está en Brasil y en parte Paraguay se ha beneficiado de esto, al importar vehículos brasileños.

Se puede sostener que Sudamérica ha podido desarrollar un mercado para el etanol independientemente del resto del mundo, por lo que existe relativa confianza desde el punto de vista del consumidor en el uso del etanol y sus mezclas.

En todo caso siempre los fabricantes establecen normas de calidad de referencia que debe cumplir el etanol, ya sea anhidro o carburante, para poder ser utilizado con seguridad en los vehículos. No debe olvidarse que en Paraguay existen varias opciones de gasolinas según su octanaje y también se oferta gasolina sin mezcla con etanol.

2. Biodiesel

Las recomendaciones realizadas por fabricantes de motores diesel varían como en el caso del etanol y también se da el fenómeno de mayor permisividad en el uso de *biodiesel* en los países que más experiencias han tenido en el tema.

La mayoría de los fabricantes ya ha expuesto su recomendación de uso de *biodiesel* hasta un 5% (B5), pero donde más han habido avances es en cuanto a motores de camiones y maquinarias agrícolas, donde incluso se autoriza su utilización pura (B100) con cambios menores en algunos componentes del sistema de inyección de combustible, siempre que el *biodiesel* cumpla con alguna normativa de calidad reconocida mundialmente. Se lista a continuación un resumen de las posiciones de diversos fabricantes sobre el punto.

En general no desaconsejan el uso en mayores proporciones, pero se dan una serie de advertencias sobre posibles efectos que puedan ocurrir en los sistemas de inyección, rendimiento del motor, filtros, juntas y cañerías de ciertos tipos de goma, que deben ser monitoreados periódicamente.

En la mayoría de los casos se sostiene que siguen investigando el uso de *biodiesel* en mayores proporciones de mezcla que las recomendadas, por lo que la tendencia será a liberar su uso en mayores proporciones, sobre todo en maquinaria agrícola.

CUADRO 28
MANIFESTACIONES DE FABRICANTES DE MOTORES
DIESEL SOBRE USO DE *BIODIESEL*
(En porcentajes)

Fabricante	Recomendación actual	Tipo de motores
Ford	5%	Todos
General Motors	5%	Duramax diesel
John Deere	5%	Mayoría de los modelos
Caterpillar	30%	Mayoría de los modelos
Volkswagen	5%	Motores turbo diesel inyección (TDI)
Volvo	5%	Todos.
Nissan	5%	Camiones
Case	20%	Todos.
New Holland	20%	Todos
Scania	5%, 100% es posible	Todos
Valtra	20%	Todos
Mercedes Benz	5% a 100% es posible	Mayoría de modelos

Fuente:Enumeración realizada por el autor en base a declaraciones oficiales de fabricantes.

C. Normas técnicas y fiscalización

Como se señaló, las normas técnicas de calidad del *biodiesel* y etanol están en vigencia (véase anexos 1 y 2), la entidad que tiene a su cargo la verificación del cumplimiento de éstas es el Instituto Nacional de Tecnología e Investigación (INTN); sin embargo la fiscalización está a cargo del la Dirección General de Biocombustibles del MIC. Ambas oficinas trabajan en forma coordinada.

Se encuentra en vigencia un sistema de control de calidad, tanto para el *biodiesel* como para el etanol.

D. Análisis de infraestructuras de las cadenas de producción de biocombustibles

1. Acopio de materias primas

a) Biodiesel

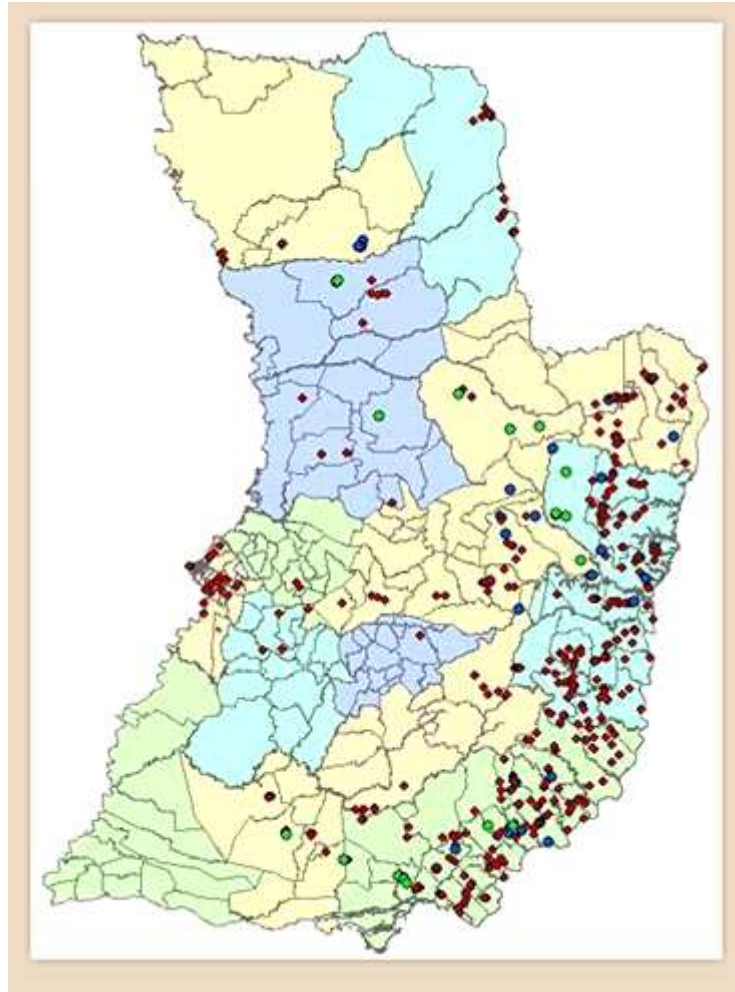
- Complejo *soja*

Ya existe toda una cadena constituida para el acopio de granos como la *soja* y sus cultivos alternos, por lo que la utilización de estas materias primas —del complejo *soja*— como materia prima de las aceiteras actuales no sería un problema desde este punto de vista.

Existe infraestructura para el acopio de algodón y coco, pero su distribución está más zonificada de acuerdo a la disponibilidad de materia prima, proveniente de cultivos muchas veces financiados por los propios industriales acopiadores —caso algodón— o en áreas cercanas a las poblaciones más densas de palmeras —caso cocotero.

En el caso del algodón debe diferenciarse entre acopio (desmotadoras), la cual es la actividad principal de la industrialización, y la extracción de aceite de algodón, por otro lado, estando no siempre las infraestructuras juntas en el mismo sitio.

MAPA 4
UBICACIÓN DE SILOS PARA ACOPIO DE GRANOS DERIVADOS DEL CS Y ARROZ



Fuente: Extraído parcialmente de “Paraguay: Reforma del Sector Hidrocarburos”, Jorge Chamot y otros, 2006, Programa de Asistencia a la Gestión del Sector de la Energía (ESMAP), marzo. Ministerio de Industria y Comercio <<http://www.mic.gov.py/>> <http://www.gobiernoelectronico.org/node/1512>.

- **Rubros de la AF**

La potenciación del cocotero implicaría un aumento importante de capacidad de plantas industriales procesadoras de materia prima ubicadas tanto dentro como fuera de la zona tradicional de acopio actual, dependiendo en gran medida de la zonificación de la producción basadas en plantaciones racionales.

El caso de otros rubros nuevos como *jatropha* o piñón implica también por lo menos una adaptación de las aceiteras actuales para técnicamente poder procesar las semillas y posiblemente también plantas industriales nuevas, de nuevo atendiendo a la zonificación de la producción.

2. Capacidades instaladas anuales y utilizadas de plantas aceiteras

Se puede estimar que la oferta potencial de aceites sería de 305.000 ton anuales, más que suficientes para satisfacer las metas del Plan Nacional de *Biodiesel* y teóricamente capaz de cubrir alrededor del 30% de la demanda nacional de diesel.

Solo en el caso de la *soja*, la producción nacional excede a la capacidad de procesamiento de las industrias, debe aclararse que mucha de la capacidad citada para las otras oleaginosas es alternativa, debido a la capacidad técnica de poder procesar varias oleaginosas con la misma infraestructura industrial, o sea, mucha de la aparente ociosidad se explica porque la capacidad está siendo utilizada en otros rubros oleaginosos.

CUADRO 29
CAPACIDADES INSTALADAS Y UTILIZADAS DE INDUSTRIAS ACEITERAS
(En toneladas)

Oleaginosa	Capacidad instalada en		Aceite producido ^c
	Materia prima ^a	Aceites ^b	
Soja	1 848 750	332 775	212 550
Girasol	530 250	185 000	58 000
Algodón	701 000	105 150	7 500
Coco	200 000	25 000	6 000 ^d
Otros	321 950	-	20 900 ^e

Fuente: Datos de Cámara Paraguaya de Procesadores de Oleaginosas (CAPPRO) y estimaciones propias.

^a En algunos casos la capacidad es alternativa, o sea, se puede seleccionar la oleaginosa a procesar al contar con más de una alternativa, por ello las capacidades totales reales son menores a las expuestas.

^b Cálculo del autor basado en rendimientos usuales de cada materia prima con las tecnologías utilizadas actualmente para cada una.

^c Estimados según datos de molienda de CAPPRO, 2006.

^d Estimación del autor basada en datos de exportación, incluye los dos tipos de aceites subproductos.

^e Estimados según datos de CAPPRO, colza canola.

Es muy posible que exista capacidad ociosa en muchas plantas aceiteras, debida a la falta de materia prima, como en el caso del algodón y el coco, por lo que una reactivación vía aumento de cultivos y explotación del coco o piñón manso podría ser beneficiosa para estas industrias. Es imposible cuantificar las capacidades disponibles sin otros estudios específicos.

b) Etanol

El caso del etanol difiere algo del análisis de las oleaginosas porque normalmente el acopio y la industria siempre están ubicadas en el mismo predio, en el caso de la caña de azúcar; pareciéndose a la organización de las oleaginosas en el caso de cereales como materia prima de etanol. Analizamos a continuación solo la cadena de la caña de azúcar.

3. Capacidad industrial para la molienda de caña

En lo que respecta a la capacidad industrial para la molienda de caña de azúcar (cuadro 30), existe un buen número de plantas procesadoras, cuya capacidad sumada, es superior a la disponibilidad de materia prima. PETROPAR es la industria con mayor capacidad a nivel país.

Para satisfacer la demanda y sumado a la producción de etanol de las destilerías, los ingenios azucareros dedican parte de la molienda a la producción de alcohol. En el año 2007, la producción total de etanol fue de poco más de 60 millones de litros, conforme los datos presentados en el gráfico 17.

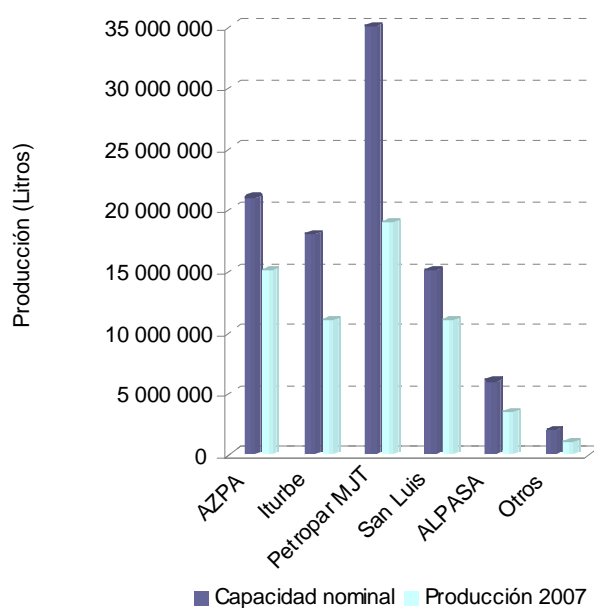
CUADRO 30
CAPACIDAD INDUSTRIAL INSTALADA DE INGENIOS DE CAÑA DE AZÚCAR
(En toneladas/día)

Ingenio	Instalada hasta 2006	Utilizada al 2006	Capacidad a partir de 2007	Variación	Capacidad a partir de 2010
Petropar	150 000	sd	150 000	0%	11 000
Az. Paraguaya S.A.	6 500	5 000	15 000	230%	
Az. Friedmann S.A.	2 500	2 200	2 500	0%	
Az. Iturbe S.A.	3 500	3 500	7 000	233%	
Az. Guarambaré S.A.	1 500	700	1 500	0%	
Az. La Felsina S.A.	1 350	700	1 350	0%	
Az. O.T.I.S.A.	600	480	600	0%	
Insama S.A.	700	500	700	0%	
Censi&Pirota S.A.	400	400	400	0%	
San Luis S.A.	sd	Sd	sd		
Total	16 550		29 050	175%	

Fuente: El estado del arte de los biocombustibles en el Paraguay, 2007, Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura.

Nota: sin datos (sd).

GRÁFICO 17
PRODUCCIÓN DE ETANOL POR INGENIO Y CAPACIDAD NOMINAL DE PRODUCCIÓN
(En litros)



Fuente: El estado del arte de los biocombustibles en Paraguay, 2007, Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura.

El principal productor nacional de etanol es la empresa petrolera estatal Petróleos Paraguayos (PETROPAR), que es una institución pública creada por Ley 1182, promulgada el 23 de diciembre de 1985, y que se convierte en empresa autárquica, iniciando sus operaciones el 9 de enero de 1986. PETROPAR es responsable del 40% de la producción de etanol obtenida en el año 2006, a través de su Planta de Producción de Alcohol ubicada en Mauricio José Troche, Departamento de Guairá.

La Planta de Producción de Alcohol Mauricio José Troche se encuentra ubicada en el Municipio del mismo nombre, a 168 km. de Asunción y ocupa un predio de 140 ha. En cuanto a infraestructura, posee un patio de recepción de caña de azúcar, una batería de molinos para molienda de caña y la planta para producción de alcohol absoluto con capacidad promedio de 150.000 litros/día. Además, cuenta con un parque de tanques con capacidad de 21.000 m³ y una planta de tratamiento de vinaza.

Por su parte, la empresa privada Azucarera Paraguaya (AZPA), posee una capacidad diaria de molienda de caña de azúcar igual a 6.500 ton, proyectando un aumento de su planta a las 15.000 ton/día. Su capacidad de producción de alcohol es de 35.000 lt/día y la de la planta de gas carbónico es de 20.000 kg/día. Ocupa en forma directa a aproximadamente 700 personas.

Se cuenta también con un proyecto a ser ejecutado a partir del año 2007, emprendido por la planta industrial privada Alcoholera Paraguaya S.A. (ALPASA), que prevé una molienda diaria de caña de azúcar igual a 3.000 ton. Con ello se estima alcanzar una capacidad de producción de alcohol para el año 2009, superior a la producción actual nacional de etanol.

Debe también considerarse que el destino dado a la materia prima varía de una empresa a otra, encontrándose que la mayoría diversifica la producción en dos o más productos finales. No obstante, el principal producto obtenido por todas las empresas es el azúcar, sea convencional u orgánica, seguido por los subproductos: melaza, alcohol y bagazo.

El hecho de que el azúcar sea el principal producto de la industrialización de la caña de azúcar debe ser considerado al proyectar la producción de etanol, debido a que la demanda nacional e internacional del azúcar ha presentado un constante aumento en los últimos 5 años

4. Plantas de *biodiesel*

a) Infraestructura industrial actual

Podemos resumir la descripción de las plantas de biodiesel actuales en el siguiente cuadro, donde se utiliza la grasa animal y el aceite vegetal como materia prima.

CUADRO 31
UBICACIÓN Y CARACTERÍSTICAS DE PLANTAS DE *BIODIESEL*
EN OPERACIÓN Y EN CONSTRUCCIÓN
(En litros/año y dólares)

Industria	Ubicación	Capacidad de producción (lt/año)	Inversión (U\$S)
Frigorífico Guaraní S.A.	Km. 30.5 Ruta 2, Ciudad de Itauguá.	12 000 000	1 750 000
Bioenergía S.A.E.C.A.	Ruta Gral. Marcial Samaniego Bo. San Isidro, Ciudad de Itauguá	4 000 000	1 250 000
Enerco S.A.	Isla Valle; Aregua-Departamento Central	6 000 000	500 000
Frigorífico Concepción S.A	Ciudad de Concepción.	8 750 000	-
Cooperativa Multiactiva Cosecha Feliz	Acceso Sur Km. 26 Distrito de Guarambaré	360 000	-

Fuente: “Leyes, Decretos, Normativas de los Biocombustibles” Presentación realizada por MIC, 2007, en Santa Rita – Paraguay.

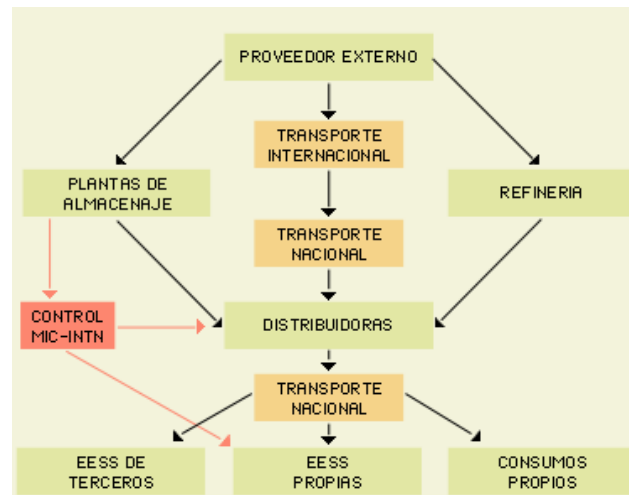
Nos consta la operación de sólo las primeras tres listadas, todas trabajando con grasa bovina como materia prima. Como ya se sostuvo en el capítulo sobre eje agropecuario, la producción es intermitente, pues depende de la disponibilidad y precio del momento de las materias primas, convirtiéndose éste en el principal problema de la actual producción de biodiesel.

E. Distribución de combustibles en Paraguay

1. Descripción general

La actual composición de la oferta de los combustibles en el mercado nacional, esta dado por actores bien definidos, a los cuales las legislaciones reconocen como agentes activos y reglamentan la participación de cada uno de los mismos en el mercado, tal como se puede observar en el esquema.

FIGURA 2
ESQUEMA DE SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN DE COMBUSTIBLES EN EL PARAGUAY



Fuente: MIC Página Web, 2006, Ministerio de Industria y Comercio
http://www.mic.gov.py/index.php?option=com_content&task=view&id=58&Itemid=103

El mercado de combustibles en el Paraguay, de acuerdo a la Ley vigente, es libre. Si bien la comercialización detallista está en manos de empresas privadas, el hecho de que PETROPAR sea el gran importador del combustible más utilizado —diesel o *gasoil*— no permite un desarrollo competitivo necesario en este tipo de actividad. El mercado sufre una gran distorsión pues el consumo de *gasoil* representa un 80% del consumo total; esto en razón a las políticas de precios y subsidios seguidas por sucesivos gobiernos.

El porcentaje de las gasolinas en el mercado es de alrededor del 20%. El Paraguay es un mercado en el cual más del 80% del parque automotor funciona a *diesel*. La *dieselización* se ha originado por el mantenimiento del ISC al *gasoil* a niveles muy bajos en relación al impuesto a las gasolinas; política encaminada a subsidiar a los sectores agropecuarios y otros. El mantenimiento de los precios a niveles determinados políticamente por decretos del poder ejecutivo, mucha veces por debajo de los precios reales, hace que el *diesel* compita deslealmente con las gasolinas, las cuales sí se venden al público a niveles del mercado internacional y en libre competencia entre comercializadoras detallistas.

Esta situación de subsidio absorbida por PETROPAR ha originado una cadena de problemas al mismo gobierno. Por ejemplo, PETROPAR no logra depositar a tiempo en las cuentas bancarias del Ministerio de Hacienda el monto correspondiente al ISC recaudado, simplemente porque sus requerimientos de liquidez para cumplir con sus obligaciones se lo impiden. Obviamente, la solución definitiva a esta situación se hace más difícil ante las alzas recientes de los precios de los productos petroleros en el mercado internacional.

La comercialización de los productos en el mercado doméstico se realiza a través de las empresas distribuidoras tanto nacionales como extranjeras como la Shell (con una participación en el mercado del 30%), B&R (20%), Esso (17%), COPETROL (14%), Lubripar (12%), Texaco (5%) y las pequeñas Copec, COMPASA y PETROSUR que tienen el 2% restante.

Los distribuidores pueden importar libremente todos los productos pero, por la situación de los subsidios mencionados, compran exclusivamente todo el diesel a PETROPAR y lo distribuyen en sus estaciones de servicio. Los productos que comercializa PETROPAR a través de la única refinería que existe en el país (7,500 barriles/día) también son vendidos a los distribuidores ex-planta. Vale la pena mencionar que desde el año 2004 se ha eliminado del mercado la comercialización de gasolina con plomo y se está impulsando el consumo de las llamadas gasolinas ecológicas que contienen alcohol de caña de azúcar en volúmenes que varían hasta 24%, dependiendo de la disponibilidad de alcohol, función de los ciclos de cosecha de la caña.

2. Infraestructuras

La infraestructura del sector es bastante simple y adecuada a las necesidades del país. El sector no es de un dinamismo tal que demande grandes inversiones; sin embargo las instalaciones deberían estar en mejor situación en cuanto a la sofisticación de los equipos, su mantenimiento y sobre todo el respeto a las medidas de seguridad aplicables.

3. Refinación

Existe solo una pequeña planta de procesamiento de crudo con capacidad nominal de 7.500 barriles por día de propiedad de PETROPAR, en Villa Elisa, cerca de Asunción.

La instalación fue diseñada para utilizar el crudo *saharan blend* de Argelia, pero debido a las limitaciones logísticas propias y a los precios del mercado del momento, se decidió en 1991 importar crudo ‘palmar largo’ de Argentina, el cual consistentemente ha dado una producción de *fuel oil* de alto punto de escurrimiento que no tiene mercado doméstico. Esto ha estado produciendo consecuencias económicas negativas que corresponden a existencias excedentarias de un producto en un país mediterráneo, como el Paraguay, que no se puede vender.

En todo caso la producción de crudo ‘palmar largo’ está declinando y ya no se dispone de los volúmenes necesarios para la refinería. Con este crudo no se obtiene lo que el mercado más demanda, es decir *gasoil*, por lo que últimamente se importan totalmente los productos requeridos y la refinería solo añade costos de operación sin posibilidad alguna de mejorar su economía en el futuro cercano.

4. Almacenamiento

El 77% del almacenamiento de productos, es decir alrededor de 300,000 m³ de capacidad, es de propiedad de PETROPAR, del cual el 70% se ubica en la zona de Asunción en Villa Elisa y el resto en Hernandarias. El 13% del almacenamiento, aproximadamente 50,000 m³, corresponde a la planta de propiedad de PETROSAN en la localidad de San Antonio, también cerca a Asunción, la cual ha entrado en operación a finales del 2004. Estas instalaciones son de última tecnología, se encuentra como las de PETROPAR sobre el río Paraguay, y disponen de modernas instalaciones de carga y descarga. Su capacidad ha sido diseñada teniendo en cuenta que puede servir como centro logístico de trasbordo o para mezclas a enviarse a mercados aguas arriba en el Brasil y Bolivia.

5. Estaciones de servicios

Operan 1,284 estaciones de servicio que dispensan combustibles al por menor en el país. A estas estaciones habría que añadir un número no contabilizado de expendios informales que van desde instalaciones fijas con surtidores eléctricos hasta puestos ambulantes que venden combustibles con total impunidad y sin las más mínimas consideraciones de seguridad, seriedad y garantía.

El número de bocas de expendio parece ser mucho mayor al necesario de acuerdo al tamaño del mercado; de ahí que se ha desarrollado una gran competencia a nivel detallista, al que hay que agregar la existencia de los informales. Los propietarios de las estaciones de servicio, organizados bajo la Asociación de Propietarios y Operadores de Estaciones de Servicios (APESA), reconocida por el gobierno como representativa del gremio, constantemente analizan estos problemas y mantienen un estrecho contacto con las autoridades para encontrar su solución.

F. Infraestructura exportadora

La situación geográfica paraguaya de mediterraneidad ha favorecido siempre la exportación de sus productos a mercados de países vecinos, sobre todo Brasil y Argentina, sin embargo se han logrado muchos avances en cuanto a ampliar en volumen y valor las exportaciones a países extra zona MERCOSUR en los últimos años, pero siempre sufriendo por los costos transaccionales derivados de la infraestructura. Generalmente, el grueso de exportaciones paraguayas consiste en materias primas (alrededor del 80%), jugando el complejo *soja* y la carne bovina los principales roles en los últimos años.

Para el caso de los biocombustibles, los canales normales de salida serían principalmente el fluvial (barcazas) y el secundariamente el terrestre-carretero. No se disponen de transportes ferroviarios que conecten los centros de producción con las salidas ferroviarias disponibles en Argentina (Posadas) y Brasil (Foz de Yguazú y otros). Paraguay posee de 15.100 km de rutas, 23% pavimentadas y 43% en buenas condiciones. En lo que se refiere a densidad de rutas, el país se encuentra mejor que el promedio latinoamericano.

1. Salida al mar: puertos, puertos francos, zonas francas y otros

En el país se disponen varios puertos sobre el río Paraguay para manejo de contenedores, estos están ubicados en la capital, en Villeta (37 km de la capital), y en Concepción (310 km de la capital). Para manejo de carga a granel seca, existen varios puertos públicos y privados sobre el río Paraná. El desarrollo de mejores capacidades de movilización de contenedores en los puertos públicos y privados haría subir la competitividad de potenciales exportaciones de productos con valor agregado.

Se disponen de puertos francos o con ciertas facilidades para productos paraguayos en Uruguay, y en Paranaguá y Santos, Brasil, desde donde parte principalmente la *soja* con varios destinos. En Santa Fe, Argentina, último puerto sobre el río Paraná de aguas profundas que permite el ingreso de buques de ultramar, existe un puerto franco no explotado y hoy día con dificultades legales. En el país existen dos zonas francas instaladas y operando en Ciudad del Este. Sus operaciones se ajustan a la normativa del MERCOSUR y pueden constituir en importantes centrales de costos para operaciones de comercio internacional, tanto para la importación como la exportación.

La conexión con los países asiáticos podría hacerse a través de la explotación del puerto franco de Antofagasta, Chile, el cual está concedido por el Gobierno de Chile al Paraguay, hoy día sin explotación. Haría falta también identificar y mejorar las infraestructuras carreteras en ciertos tramos de Argentina y Chile, para hacer esta conexión más eficiente. Para mejorar la competitividad del transporte fluvial existe un proyecto importante para hacer navegable la Hidrovía Paraná-Paraguay, entre Puerto Cáceres, Brasil (3.442 km de Buenos Aires) y Nueva Palmira, Uruguay. Organizaciones ambientalistas están criticando duramente este importante proyecto.

VII. Eje tecnológico

A. Producción industrial de biocombustibles

La tendencia mundial actual del uso de biocombustibles como etanol y *biodiesel* ante otras opciones obedece a la relativa facilidad de utilizarlos en los motores de combustión interna actuales e infraestructuras de distribución sin grandes cambios y por otra parte a la relativa disponibilidad de materias primas en diversos lugares del mundo.

Los procesos tecnológicos con fines de producción de biocombustibles sólidos, líquidos y gaseosos han sido desarrollados por incluso milenios, si consideramos la vía más simple de uso, combustión directa de leña u otros residuos celulósicos. Fuera del uso directo, se desarrollaron más recientemente (siglos XIX y XX) otros procesos de diversa naturaleza como:

1. Conversión termoquímica:

Carbonización, gasificación y pirolisis, dando combustibles sólidos (carbón vegetal), líquidos (*bio oil*, metanol) y gaseosos (gas pobre).

2. Conversión físico-química:

Prensado y extracción sólido-líquido, dando como resultado líquidos como los aceites vegetales y la posibilidad de convertirlos en biodiesel (esterificación).

3. Conversión biológica:

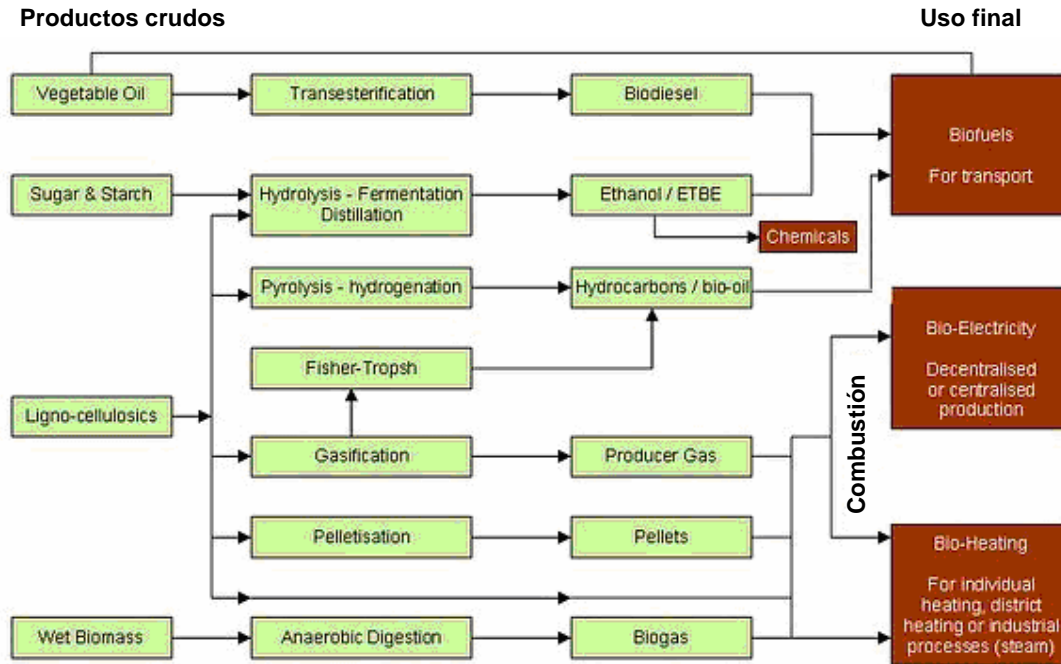
Fermentación alcohólica y digestión anaeróbica, dando combustibles líquidos (etanol) y gaseosos (biogás).

La selección de los procesos más adecuados para cada circunstancia depende mayormente de tres factores principales:

1. Utilización final del biocombustible para generación de calor, trabajo mecánico en motores (transporte o generación de electricidad)
2. Disponibilidad de materia prima técnica y económicamente competitiva ante otras opciones en volúmenes suficientes y de un modo sostenible.
3. Un tercer factor es la tecnología disponible para la conversión de la forma más eficiente técnica y económicamente, así como la tecnología de motores aptos para su utilización en corto tiempo.

Normalmente el segundo factor es el más importante y el que finalmente define el tercer punto, y es también el factor que presenta una variabilidad muy grande dependiendo de qué región del mundo estemos considerando. La generación de biomasa y biodiversidad de los países tropicales y subtropicales es varias veces mayor que los países templados y de clima frío, por lo que también se poseen más opciones de generación de biomasa que puedan ser aprovechadas con fines energéticos, mucha de estas opciones apenas están empezando a investigarse en la actualidad.

FIGURA 3
PROCESOS DE CONVERSIÓN TECNOLÓGICOS DE BIOMASA EN PRODUCTOS ENERGÉTICOS



Fuente: Conversion Routes to Bioenergy, 2007, European Biomass Industry Association, <http://www.eubia.org/113.0.html>, 2007, European Biomass Industry Association (EUBIA).

Como se puede notar, existen también otras opciones de biocombustibles que son posibles de implementar —los llamados biocombustibles de segunda generación— pero el factor citado en cuanto a facilidad de implementación en la actualidad —contando inclusive con especificaciones de calidad internacionales aprobadas— hace que posiblemente sigan siendo el etanol y *biodiesel* los biocombustibles preferidos por aun largo tiempo.

B. Tecnologías de biocombustibles en Paraguay

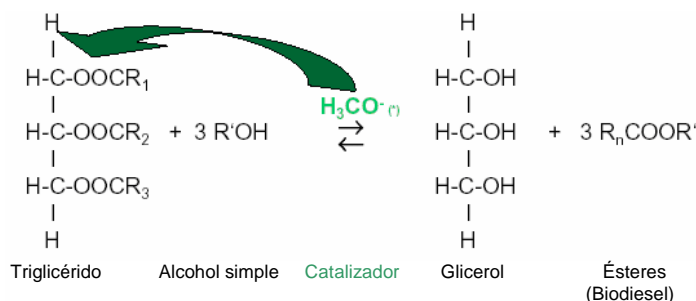
En general las tecnologías de conversión ya existentes son similares a las de otros países, gran parte de los equipamientos de las plantas de *biodiesel* y etanol son importadas y también existen desarrollos nacionales, pero basados en las mismas tecnologías de conversión. Esta heterogeneidad se traduce en diferencias apreciables de rendimientos industriales.

1. Producción de *biodiesel*

Las tecnologías desarrolladas para la obtención de *biodiesel* están diseñadas para lograr la producción de *metil* o *etil* ésteres derivados de ácidos grasos (*Biodiesel*). Los ácidos grasos pueden o no estar ligados al radical glicerol, si lo están recibe el nombre genérico de triglicéridos (aceites y grasas tradicionales); si no es ese el caso, reciben el nombre de ácidos grasos o ácidos grasos libres.

En el caso de ser las materias primas triglicéridos, como en el caso de la mayoría de los aceites vegetales o grasas animales, el proceso de conversión a *metil* o *etil* ésteres recibe el nombre de transesterificación, o sea un intercambio de alcoholes (de glicerol a etanol o metanol). En caso de ser las materias primas ácidos grasos puros o en diversas mezclas con triglicéridos, el proceso de conversión recibe el nombre de esterificación.

FIGURA 4
REACCIÓN BÁSICA DE CONVERSIÓN DE ACEITES VEGETALES
NEUTROS A BIODIESEL



Fuente: Cuantificación de los Impactos Económicos de la Implementación de la Política de Impulso a los Biocombustibles-PRODUCCION DE ETANOL, 2007, Red de Inversiones y Exportaciones (REDIEX)

Los procesos industriales existentes pueden basarse solo en transesterificación (cuando los aceites o grasas son triglicéridos puros o casi puros) o en esterificación con transesterificación (si se tratan de ácidos grasos o aceites con porcentajes apreciables de ácidos grasos), éste último es el caso de los aceites ácidos como el aceite de pulpa de coco ya mencionado. Se considera que un aceite o grasa es ácido si su porcentaje de ácidos grasos libres (acidez oleica) supera el 2% de la composición del mismo en masas.

El grado de eficacia de estos procesos químicos se mide por la adecuación del producto obtenido a las normas de calidad especificadas y su eficiencia por el porcentaje de *biodiesel* obtenido por tonelada de aceite o grasa ingresado al proceso. Típicamente los procesos más avanzados obtienen *biodiesel* de acuerdo a una normativa de especificación y con conversiones de más del 98% de masa de *biodiesel* respecto a los aceites o grasas ingresado al proceso. Estos resultados dependen también en gran medida de la calidad de las materias primas, por lo que no se puede esperar alta eficiencia de conversión con materias primas de menor calidad, por lo que al hablar de eficiencia es menester definir primeramente el mayor grado de conversión teórico alcanzable con la materia prima disponible.

No existen aun estudios específicos que hayan profundizado este aspecto de la incipiente industria paraguaya de *biodiesel* y por lo tanto no puede aun realizarse ninguna comparación con industrias extranjeras similares. Sin embargo, y más allá de la eficiencia operativa, que depende en

gran medida de la tecnología empleada, el problema principal sigue siendo la disponibilidad sostenida de una materia prima económica, por el problema ya descrito en el capítulo III sobre eje agropecuario.

2. Perspectivas de la industria

Como consecuencia de la tecnología actualmente utilizada en la industria, ésta solo puede procesar económicamente aceites prácticamente neutros, por lo que no es posible su utilización con aceites de mayor acidez, como el aceite de pulpa de coco. Este último escenario— y de llevarse adelante la implantación y posterior explotación de nuevos cultivos racionales de coco— forzaría a la industria actual y futura a adecuarse tecnológicamente para poder procesar esta materia prima mediante procesos basados en la esterificación y no solamente la transesterificación, como hasta ahora. Ya existe tecnología disponible comercialmente para este nuevo proceso a precios comparables a la tecnología actual y solamente quedaría estudiar el momento óptimo de implantación basado en la disponibilidad futura de materia prima, las condiciones de mercado y con escalas de producción suficientes para garantizar la operación rentable y con retorno económico razonables de estas instalaciones.

La otra alternativa barajada —pero también a mediano y largo plazo, al igual que el cocotero o *mbokajá*— es el procesamiento del aceite de piñón manso o *jatropha*, el cual podría realizarse con las industrias actuales debido a sus especificaciones citadas en bibliografía, pero en este caso habíamos visto que el problema agropecuario asociado a este rubro aun genera incertidumbres sobre su real viabilidad técnica y económica, por lo que no se puede aventurar a pensar en esta opción sin vencer primero las barreras mediante investigación y desarrollo de cultivos a pequeña escala.

C. Producción agropecuaria

1. Complejo soja (CS)

Como ya se describió en el capítulo III sobre eje agropecuario, el CS se caracteriza actualmente por su alta eficiencia en cuanto a producción agropecuaria, el grueso del sector utiliza tecnología contemporánea en cuanto a semillas, insumos: fertilizantes y agroquímicos, maquinarias, etc..

La investigación agropecuaria en Paraguay existe desde hace décadas, existiendo experiencias públicas-privadas interesantes, pero aun se muestra insuficiente para dar respuestas a todos los rubros del CS y está más enfocada a investigaciones para dar soluciones a plagas, mejor utilización de fertilizantes y en menor medida al desarrollo de nuevas variedades de cultivos. No existen estudios actuales encaminados en la investigación y desarrollo de nuevas variedades más aptas para *biodiesel* ni tampoco nuevos rubros potenciales que puedan utilizarse para tal efecto.

Cabe mencionar la reciente creación del Instituto de Biotecnología Agrícola (INBIO), asociación civil creada bajo iniciativa de diversos gremios privados, con el objeto de dar impulso al desarrollo de biotecnología nacional, entre otros.

2. Otros rubros oleaginosos

La investigación de otros rubros oleaginosos citados como el cocotero (*mbokajá*) y el piñón manso (*jatropha curcas*) está en sus comienzos, la Mesa de Biocombustibles de REDIEX ha expresado la intención de iniciar el estudio de los citados rubros.

La Universidad Católica Nuestra Señora de la Asunción, mediante la Facultad de Ciencias Agrarias de Hohenau, Itapúa; ha firmado un Acuerdo de Trabajo con la Universidad de Hohenheim de Alemania para la investigación del cocotero (*mbokajá*), proyecto que se halla en

sus primeras etapas. También existen varias iniciativas para la investigación del piñón manso, la mayoría de ellas asociadas a proyectos comerciales que están en ejecución.

En vista de las ventajas técnicas, económicas, medioambientales y sociales que podrían traer el desarrollo de estos cultivos alternativos para *biodiesel*, sobre todo el cocotero o *mbokajá* —entendemos que debería ser prioritaria la investigación de los mismos en el Paraguay, aun con mayores esfuerzos que los rubros destinados al etanol, debido a la casi total dependencia del sector agropecuario³² mecanizado del insumo que el *biodiesel* puede sustituir, el *gasoil*.

3. Producción de etanol: caña de azúcar

Tecnológicamente existe un gran trecho de mejoras posibles para aumentar la producción y eficiencia, sobre todo agropecuaria de la caña de azúcar en Paraguay.

A fin de tener un panorama esclarecedor mostramos a continuación conclusiones de un reciente estudio realizado:

4. Principales diferencias entre la producción nacional y la brasileña

a) Clima y Suelos:

El suelo utilizado para la plantación del cultivo de caña de azúcar en Brasil, es rico en nutrientes, en Paraguay estos cultivos se desarrollan en tierras pobres. El resultado es mayor costo y menor rendimiento.

b) Rendimiento del sector primario

- Brasil: entre 100 y 110 toneladas por hectáreas
- Paraguay: promedio 50 toneladas por hectáreas

c) Fijación de Precios:

- Brasil: el precio está fijado en función a la calidad de la materia prima, que se calcula por la cantidad de sacarosa que contiene la caña de azúcar.
- Paraguay: gran influencia del precio pagado por PETROPAR (empresa estatal)

d) Productividad de la mano de obra

- Brasil: 1 persona cosecha 3 toneladas
- Paraguay: 1 persona cosecha entre 1 y 1,5 toneladas

e) Infraestructura de caminos en Paraguay es lamentable, fuera de las carreteras pavimentadas.

f) Requerimiento de transporte por capacidad de carga

- Brasil: 11 camiones
- Paraguay: 25 camiones

³² No se debe olvidar que incluso la producción de la caña de azúcar, materia prima principal para la producción de etanol depende completamente del combustible diesel (gasoil o biodiesel) para ser viable.

Para que nuestro país pueda entrar al mercado internacional, con eficiencia y sostenibilidad, el país debe primeramente desarrollar e implementar políticas de disminución de costos de materia prima, mejoramiento en la productividad y de la calidad de infraestructura y transporte. Este tipo de políticas son prioritarias en relación a aquellas de carácter tecnológico industrial.

Todos estos factores, sumados a otros, determinan un costo de producción en Brasil de 0,23 US\$/lt (REDIEX, 2007); en tanto que el costo de producción definido para nuestro país se eleva a 0,40US\$/lt.

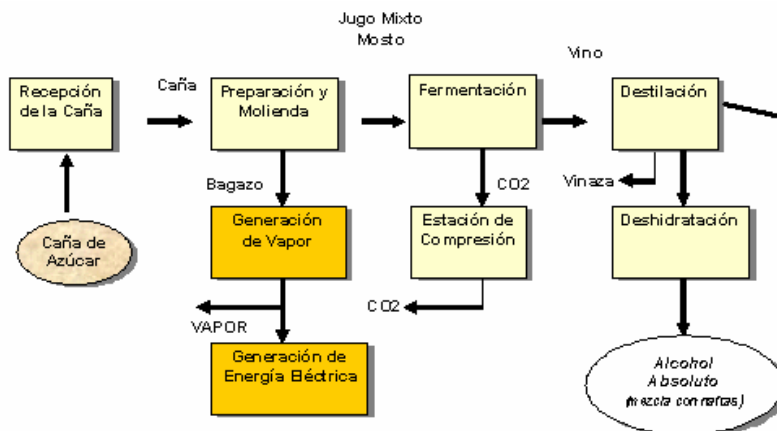
Con los parámetros arriba mostrados, se halla que la producción aproximada de etanol por hectárea es de 3.750 lt. Evidentemente este resultado en rendimiento y costos es reflejo de la eficiencia productiva en el campo y es evidente que el mayor esfuerzo debe hacerse en esta dirección.

5. Industria del etanol

La industria nacional del etanol utiliza tecnológicamente la vía fermentación y destilación dado que mayormente la materia prima disponible son los azúcares de la caña de azúcar, esta es la tecnología predominante en Brasil, de donde la mayoría de las industrias han obtenido sus líneas de procesamiento. Existen sin embargo otras que utilizan la vía sacarificación-fermentación-destilación como consecuencia del uso de materias primas ricas en hidratos de carbono como el maíz y el sorgo.

La tercera opción de materia prima para la obtención de etanol —la biomasa *ligno* celulósica, que como primera opción podría ser el mismo bagazo de caña coproducido— también hace uso de la segunda vía comentada, pero no existe aun en Paraguay, cabe aclarar que esta última opción no es económica ni técnicamente viable en la mayoría de los países del mundo aún.

FIGURA 5
ESQUEMA DEL PROCESO DE INDUSTRIALIZACIÓN DE LA CAÑA DE AZÚCAR A ALCOHOL



Fuente: Cuantificación de los Impactos Económicos de la Implementación de la Política de Impulso a los Biocombustibles- PRODUCCION DE ETANOL, 2007, Red de Inversiones y Exportaciones (REDIEX)

Cabe mencionar que existen ingenios que producen azúcar y alcohol como derivado obtenido de la melaza, con un rendimiento de 15 lt de alcohol por tonelada de caña de azúcar; y las destilerías que se dedican exclusivamente a la producción de alcohol, lo obtienen a partir del jugo verde, con unos 75 a 84 lt de etanol por cada tonelada de caña de azúcar producida, el rendimiento señalado varía respecto al contenido de sacarosa de la materia prima.

Se puede afirmar que tecnológicamente la industria paraguaya del etanol no difiere demasiado de la que existe en otros países y su modernización con fines de mejora de eficiencia sigue —dependiendo de las condiciones técnicas y económicas particulares de cada ingenio— la tendencia de similares ingenios de otros países, sobre todo Brasil.

D. Investigaciones agropecuarias y entes relacionados (IICA, 2007)

Actualmente, la investigación en la cadena productiva de biocombustibles está orientada preferentemente al mejoramiento productivo de la caña de azúcar, siendo el MAG, a través del Departamento de Caña de Azúcar, el que cuenta entre sus funciones con las de investigación de nuevas variedades; prácticas de adaptación de variedades a nuestro territorio, investigación genética y prácticas de producción, entre otras.

Además, el MAG es la principal institución nacional que impulsa la investigación agropecuaria, a través de dos direcciones: La Dirección de Investigación Agrícola (DIA), y la Dirección de Investigación y Producción Animal (DIPA). La primera investiga y genera conocimientos y tecnología agraria, que contribuya a la solución de los problemas ambientales, sociales y económicos asociados a las cadenas agroalimentarias y agroproductivas relevantes del sector agrícola del país; contribuyendo al desarrollo sostenible y competitivo de la agricultura y del medio rural, conforme a las políticas y estrategias del MAG. La segunda institución cumple con las mismas actividades que la citada, pero con énfasis en la producción animal.

Es importante resaltar —sin embargo— que la investigación no ha ocupado un papel destacado en la política agropecuaria del Paraguay en la última década (1996-2006). En efecto, si se analiza como indicador de importancia el monto asignado a la investigación agraria, en el Presupuesto General de Gastos de la Nación del año 2006, los fondos destinados explícitamente a la investigación agrícola y a la investigación de producción animal, representan tan solo un 5,8% del total de la asignación presupuestal del MAG, lo que afecta también a la investigación en el rubro de caña de azúcar.

Por otro lado algunos ingenios azucareros realizan sus propias investigaciones en cuanto a genética, variedades nuevas, técnicas de producción respecto a tecnologías, maquinarias, procesos productivos tanto del cultivo de caña de azúcar como de alcohol.

Los cañicultores de Guairá y Caazapá cuentan además con la posibilidad de adquirir materiales propagativos de buena calidad y pureza genética de las principales variedades de caña de azúcar recomendadas del: Campo Experimental de Caña de Azúcar de Natalicio Talavera, Ingenio Azucarero de Iturbe y de la Cooperativa Yegros Ltda., entre otros.

En lo que respecta a *biodiesel*, resultan prácticamente nulas las investigaciones que se realizan para su producción.

E. Rendimientos energéticos de materias primas para *biodiesel* y etanol

Hemos realizado una comparación desde el punto de vista energético de los rubros que hemos mencionado a lo largo del Estudio, basándonos en experiencias reales en los cultivos más

conocidos³³ y estimando conservadoramente la productividad de cultivos alternativos, como *jatropha* y cocotero (*mbokajá*).

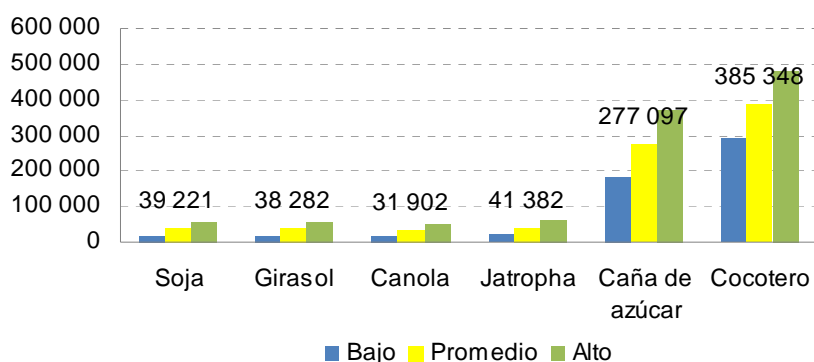
CUADRO 32
RANGOS DE PRODUCTIVIDADES AGROPECUARIAS ESPERADAS DE
CULTIVOS TRADICIONALES Y ALTERNATIVOS
(En kilos por hectárea al año)

Rubro	Parte explotada	Productividad (kg/ha/año)		
		Baja	Media	Alta
Soja	Semillas	1 350	2 700	4 000
Girasol	Semillas	900	1 800	2 700
Canola	Semillas	750	1 500	2 250
Jatropha	Semillas	1 000	2 000	3 000
Caña de azúcar	Tallos	50 000	75 000	100 000
Cocotero	Frutos enteros	15 000	20 000	25 000

Fuente:Elaboración propia de autor

A fines de comparación de la energía bruta proporcionada por unidad de superficie de cada cultivo se cuantificaron las composiciones promedio de cada parte explotada de los rubros considerados y se multiplicaron por sus respectivos poderes caloríficos inferiores (PCI), tanto los de uso potencial o propiamente energéticos (aceites para *biodiesel*, cáscaras de cocotero para generación de vapor) como los destinados a otros usos (*expellers* para alimentación animal).

GRÁFICO 18
COMPARACIÓN DE RENDIMIENTO ENERGÉTICO BRUTO
DE RUBROS AGROPECUARIOS
(En mega joule (MJ) por hectárea al año)



Fuente: Elaboración propia.

Comentarios: es notoria la ventaja técnica en cuanto a energía proporcionada que reportaría el uso de cultivos alternativos para la producción de *biodiesel*, este resultado se debe a su naturaleza perenne de estos cultivos y ciclos de maduración de semillas o frutos más largos que los cultivos anuales, por lo que reportan mayor eficiencia en la fijación de energía solar. La composición singular de los frutos del *mbokajá* o cocotero, que fijan carbono atmosférico en forma de aceites, tortas proteicas y material *ligno* celulósico (cascarilla y carozo) explican también la gran diferencia mostrada contra otros rubros oleaginosos.

³³ Nótese que se tomaron 75 ton/ha de caña de azúcar, suponiendo ya las mejoras técnicas que puedan hacerse en los próximos años, el rendimiento promedio nacional es semejante a productividad baja, 50 ton/Ha.

Los resultados anteriores refuerzan lo ya expuesto en cuanto a que tanto la caña de azúcar para la producción de etanol, como el cocotero o *mbokajá* para la producción de *biodiesel* serían los rubros técnicamente más ventajosos *a priori* para la producción de biocombustibles (no sólo líquidos, sino también sólidos) futura del Paraguay, sin descartar otros rubros que aun deben ser más investigados, como el piñón manso.

Habiendo ya analizado los impactos socioeconómicos ligados de ambas cadenas de producción y su efecto positivo en la distribución de renta a amplios sectores rurales de nuestro país además de su probable menor impacto ambiental relativo y uso de tierras, nos lleva a concluir que deberían centrarse los esfuerzos en la potenciación de la caña de azúcar por un lado, y domesticación y promoción del cocotero por el otro, como los pasos más importantes a llevar a cabo en cuanto a materias primas para etanol y *biodiesel* respectivamente.

VIII. Visión general

Habiendo analizado cada Eje relacionado a las condiciones para el desarrollo de biocombustibles en el Paraguay, podemos concluir en general que existen posibilidades de desarrollo competitivas tanto para el *biodiesel* como para el etanol, pero temporalmente el etanol lleva ventajas técnicas y económicas sustanciales derivadas del aprovechamiento de la cadena de la caña de azúcar, cultivo ya desarrollado desde hace décadas, sin embargo su mercado inmediato parece haber tocado techo.

El desarrollo del *biodiesel* en forma competitiva depende en gran parte de la realización de nuevos cultivos alternativos más eficientes desde el punto de vista energético, esto a su vez depende de la realización paralela de políticas público privadas acertadas para la implantación de cultivos perennes que demoran varios años en rendir resultados y de investigaciones agropecuarias para domesticar y mejorar los nuevos rubros. Aunque el camino para la competitividad sostenible del *biodiesel* es más largo, la importancia estratégica del mismo para el sostenimiento de las actividades agropecuarias —el pilar de la economía paraguaya— a futuro (combustible diesel) justifica totalmente apostar por este camino, más aun considerando que la demanda del mercado nacional por sí sola generaría un gran impacto socioeconómico en la población rural.

Repasamos a continuación cada eje analizado, identificando los factores más importantes y señalando lo que se debería hacer para mejorar el ambiente para el desarrollo mayor del sector biocombustibles.

A. Eje institucional

Si bien existen ya las reglas de juego básicas, las normativas de referencia para los biocombustibles y las instituciones públicas que participan de una u otra manera en el desarrollo de los mismos y cumplen su rol correspondiente, el crecimiento del sector demanda acciones más decididas y con visión más estratégica y a largo plazo, factores que las administraciones anteriores no han podido aun cumplir a cabalidad sobre todo por los siguientes motivos:

1. La falta de visión del gobierno relativa a su importancia estratégica, lo que se traduce hasta hoy a esfuerzos muy puntuales y aislados del sector público en apoyar al sector, pero imperando aún la visión *bussines as usual* o sea, aun se ve a los

biocombustibles como una opción de negocio que puede o no realizarse dependiendo solamente de su rentabilidad económica. Considerando la actualidad energética mundial y las poco alentadoras perspectivas a futuro de la disponibilidad de combustibles líquidos, debe entenderse que su disponibilidad condiciona la viabilidad de toda otra actividad de generación de bienes y servicios, trascendiendo así su importancia a las consideraciones meramente económicas. El combustible más caro es el que no se posee cuando se lo necesita.

2. La falta de acuerdo, coordinación y seguimiento público-privado en la definición y ejecución de políticas trazadas hacia objetivos concretos —a pesar de iniciativas destinadas a articular las acciones, como la Mesa de Biocombustibles de REDIEX— quizá por falta de un liderazgo más fuerte de parte de los actores y de un mayor compromiso de los mismos. Deberían implementarse en este aspecto indicadores de desempeño para ir controlando el real avance en las acciones propuestas y tratar de independizar las actividades —que pueden llevar muchos años en concretarse— de los cambios políticos.
3. Entre las tareas pendientes, además de lo señalado, el rol del Estado se convierte en imprescindible por su liderazgo, pues es difícil esperar que solo el sector privado pueda desarrollar estos planes, esto sucede por varios motivos:
 - a) La falta de tradición del empresariado nacional en invertir o financiar inversiones en cultivos perennes que impliquen varios años de espera hasta la primera cosecha. Son destacables sin embargo, casos exitosos como los cultivos de *yerba mate*, *tung* y reforestaciones con especies maderables, todos de ciclo largo (4-7 años) que fueron realizados en la zona sur del país, mayormente en el ámbito de la agricultura cooperativa.
 - b) La dificultad en planear, convencer y ejecutar los citados cultivos entre el colectivo de la AF, normalmente de escasos recursos y que espera siempre soluciones rápidas a sus problemas; se podría utilizar aquí la aun fuerte figura de liderazgo que el pueblo espera del Gobierno de manera positiva para impulsar las cadenas de producción.
 - c) La dificultad de diseñar e implementar los mecanismos de financiación que faciliten inversiones a mediano y largo plazo y con visión nacional más estratégica que sólo economicista.

B. Eje energético

Por la misma naturaleza de los biocombustibles, que implica la participación de diferentes actores: agropecuarios, industriales, logísticos y comerciales y sus órganos estatales contralores respectivos: MAG, MIC, PETROPAR, INTN, etc.; el sector se presta al problema ya detectado en la actualidad, la dispersión institucional y falta de acuerdos para una visión y políticas comunes para el desarrollo de los biocombustibles, a esto debemos sumar el problema de la falta de visión estratégica ya mencionado. Por estos motivos es imprescindible que el Estado, en acuerdo con el sector privado, defina el Tablero de Comando, o sea qué cadenas de producción deberán priorizarse y cómo, cuándo y con qué recursos se llegarán a los objetivos, y definiendo una Unidad de Comando con objetivos claros y razonables para avanzar con seguridad en los planes.

Entre las tareas pendientes, es imperativa la inclusión de los biocombustibles e investigaciones de cómo acelerar su producción en la matriz energética proyectada por la Dirección de Recursos Energéticos dado que no existen otros sustitutos viables técnica ni

económicamente que puedan reemplazar a la gasolina (en menor medida) y al *gasoil* (en mayor medida) en términos de EERR a mediano y largo plazo.

C. Eje agrícola

Es el eje de mayor importancia en cuanto al futuro de los biocombustibles y es el ámbito donde más debe avanzarse, tanto en la implementación como en la investigación y desarrollo de los rubros ya citados como los más promisorios.

1. El país cuenta con abundantes tierras y clima propicio para el desarrollo de especies oleaginosas y alcoholígenas, se logran productividades promedios razonables sin la necesidad de riego y existe suficiente mano de obra rural para el cultivo de especies destinadas a la producción de biocombustibles, la disponibilidad de tierras depende en realidad de qué rubros sean los elegidos para este menester. Existe aún una base importante de productores de pequeñas superficies (agricultura familiar (AF)) que puede involucrarse de manera eficiente a la generación de materias primas más adecuadas (caña de azúcar y cocotero principalmente)
2. Etanol: se posee ya un rubro relativamente competitivo con la caña de azúcar para etanol, no obstante, aun puede mejorarse mucho la competitividad vía mejoramiento de la producción. Se vislumbra una producción futura repartida entre la agricultura mecanizada de la caña y el cultivo minifundista (agricultura familiar (AF))
3. Biodiesel: su desarrollo incipiente en el país se ve limitado por las restricciones en volúmenes y precios de la materia prima actual, el sebo bovino, un ulterior desarrollo en la producción de biodiesel solo puede pasar por el impulso al cultivo de materias primas desarrolladas con fines energéticos y que produzcan aceites vegetales en forma más económica y eficiente que los rubros oleaginosos tradicionales cuyos precios internacionales impiden la utilización económicamente sostenible, se destaca la potencialidad del cocotero o mbokajá nacional para el efecto. El sector AF sería el principal protagonista del cultivo de cocotero por la naturaleza misma del rubro, que demanda tecnologías muy simples de cultivo y recolección, al alcance de agricultores de pequeña extensión de tierras y que a priori presenta rentabilidad económica razonable.
4. La tarea más importante en este eje es definir qué rubros serán prioritarios y la forma de planificar, incentivar, financiar y acompañar los cultivos, además de organizar y llevar adelante investigaciones destinadas al mejoramiento integral de la producción. Sobre todo urge esta definición en cuanto a las materias primas para biodiesel, dada la importancia estratégica ya señalada y los tiempos demandados.

D. Eje socioeconómico

Se muestra que si la producción de biocombustibles se realiza a partir de los rubros más viables técnica y económicamente, el impacto en la generación de empleos, sobre todo rurales, y el efecto microeconómico en el país sería muy significativo. El gran avance se daría en el sector del *biodiesel* si éste se basa en materias primas derivadas de cultivos perennes, como el cocotero *mbokajá* o quizá piñón manso. El efecto sustitución en las importaciones también es significativo

en términos absolutos y porcentuales y posiblemente se volverá económicamente más importante con el sostenido aumento en los precios del crudo y derivados. Se puede destacar:

1. Biodiesel: los rubros oleaginosos del CS, generarían según parámetros determinados por estudios en Argentina, un EFE rural por cada 519 ha cultivadas y 367 EFE en toda la cadena de producción si se quisiera generar aceites suficientes para cubrir con biodiesel un 5% del consumo de gasoil actual (B5). El cultivo coco para generación de materia prima posee el potencial de crear un EFE rural por cada 5.6 ha cultivadas y alrededor de 3.100 EFE en toda la cadena de producción si se pretende utilizar este rubro como materia prima para cubrir B5. Un potencial crecimiento del sector del coco para satisfacer la demanda de aceites para biodiesel B5 generaría ingresos nuevos por 143 millones de dólares al año a la población, derivados no solo del biodiesel, sino de la generación de subproductos de la cadena con valor comercial (expellers, aceites de exportación (almendra de coco), combustibles de alto poder calorífico, etc.), pagos por insumos y jornales, etc. La producción de biodiesel debería destinarse a abastecer el mercado nacional en primer término, solo este objetivo conlleva el desarrollo de nuevos cultivos e infraestructuras industriales en proporciones muy significativas para la economía nacional.
2. Etanol: la caña de azúcar genera un EFE rural por cada 3,5 y 5,26 ha cultivadas (mecanizada y semi-mecanizada respectivamente) y la producción actual — alrededor de 65.000 m³ anuales— genera alrededor de 5.000 EFE en los sectores rurales e industriales. La producción de etanol, a diferencia de la de biodiesel, ya está tocando techo en cuanto a provisión para la mezcla con gasolinas destinada al mercado nacional, las alternativas son: desarrollar capacidad exportadora e incentivar el mayor consumo de etanol carburante mediante la migración hacia de vehículos de tecnología flex fuel.
3. La recaudación fiscal actual sobre el gasoil importado (impuesto selectivo al consumo (ISC)) se haría cuatro veces mayor si se sustituyese igual volumen importado con biodiesel de coco, esto sucede por el efecto de generación de impuestos no relacionados al biodiesel, como renta e IVA sobre las actividades económicas generadas por la industrialización y comercialización de subproductos de la cadena del cocotero que se generan indirectamente.
4. Solo el etanol de caña de azúcar, el biodiesel de grasa animal y futuramente el biodiesel derivado de aceite de pulpa de coco son rentables económicamente en la situación actual, todo biocombustible derivado de otras materias primas como cereales u oleaginosas tradicionales (complejo soja (CS)) no son sostenibles económicamente a no ser que sean producidos con incentivos económicos especiales (subsidios).
5. Entre las tareas pendientes, es de primera importancia dar a conocer la gran potencialidad de desarrollo que implican los biocombustibles. Es de primera importancia la realización de Estudios específicos más profundos para confirmarlos con mayor precisión a fin de considerarlos en la toma de decisiones.

E. Eje ambiental

Se deben evaluar objetivamente las cadenas de biocombustibles más factibles técnica y económicamente tomando un enfoque de análisis de ciclo de vida específicos para las condiciones del Paraguay, muy diferentes a las de otras regiones del mundo. Se puede resaltar lo siguiente:

1. Se debe especificar claramente la línea de base ambiental relativa para identificar claramente el efecto agregado generado por los cultivos destinados inequívocamente a fines energéticos. Por ejemplo, no se debe confundir el aumento de áreas destinadas a oleaginosas como resultado de la demanda tradicional con la demanda para biocombustibles si no se prueba que realmente se destina a ello.
2. A priori, los cultivos más eficientes desde el punto de vista energético son los cultivos perennes, como la caña de azúcar, el cocotero o el piñón manso; probablemente también éstos sean los más eficientes desde el punto de vista de minimizar impactos en el ecosistema natural.
3. Nuevamente los cultivos perennes nombrados parecen ser los más adecuados si consideramos las emisiones netas generadas durante todo el ciclo de vida de la actividad, más aun en el caso del cocotero, que precisa poco uso de maquinarias y utilización de insumos derivados del petróleo.
4. La evaluación de cada alternativa propuesta debe incluir el efecto de la actividad en cuanto a aspectos como: efectos por el cambio del uso de la tierra, impactos sobre la biodiversidad, minimización de emisiones de GEI, prevención de erosión y degradación de suelos, protección de cursos de agua, mínimo uso de agroquímicos, inclusión social de los proyectos.
5. Tareas pendientes: en este ámbito deben comenzarse todas las actividades descritas, lo que implica la realización de múltiples estudios destinados a mostrar los problemas y beneficios que puede traer cada cadena de producción de biocombustibles.

F. Eje industrial

1. Tanto los requisitos para la instalación de plantas de biocombustibles, como los requisitos técnicos de calidad para el biodiesel y etanol existen y están en vigencia, con los organismos contralores debidamente identificados para cada caso.
2. Los efectos de las mezclas de biocombustibles en los motores actuales no diferirán significativamente de lo ya investigado y experimentado en otros países, siempre que las especificaciones de los biocombustibles sean cumplidas. Las metas de mezclas ya planeadas a corto plazo, etanol en un 24% (E24) para motores nafteros no modificados y etanol carburante (motores flex fuel) y biodiesel en un 5% (B5) no acarrearían inconvenientes técnicos al grueso del parque automotor. El uso de biodiesel en mayor proporción puede ser más fácil de implementar en maquinarias agrícolas, lo que es aconsejable pensando en que sería más eficiente consumir el biodiesel en la misma región donde se produce.
3. Infraestructuras de las cadenas de producción:
 - a) Etanol: la capacidad instalada industrial actual ya sobrepasa las metas propuestas de provisión de etanol para su mezcla, por lo que a futuro solo se tienen las alternativas de ir aumentando el uso de etanol en vehículos particulares en el mercado nacional o buscar opciones de exportación de la producción a otros mercados, la segunda opción se presenta más difícil por la aun pobre competitividad nacional en relación a la industria brasileña en precios y volúmenes exportables.

- b) Biodiesel: la capacidad instalada industrial de aceiteras, sobrepasa unas seis veces la potencial demanda de materia prima para un biodiesel B5, pero motivos económicos ya expuestos imposibilitan un uso sostenible de los aceites hoy producidos (mayoritariamente rubros del CS) como materia prima de biodiesel. La alternativa expuesta más factible, el aumento de la industrialización del cocotero mbokajá, podría realizarse en una primera etapa mediante la utilización de capacidad ociosa de plantas aceiteras ya existentes, pero mayor crecimiento de esta actividad implica inversiones en nuevas plantas aceiteras y de biodiesel. Las plantas de biodiesel actuales pueden teóricamente cubrir hasta 30.000 m³ anuales, menos de lo requerido para una mezcla de biodiesel B5, pero se ha visto que es muy difícil pensar en llegar a esa meta por los problemas de materias primas señalados.
- c) Logística de distribución: la actual organización de distribución y despacho de combustibles al mercado es razonablemente adecuada y puede ser utilizada sin grandes cambios técnicos ni económicos para las mezclas de biocombustibles.

G. Eje tecnológico

1. Los procesos industriales utilizados en el país para la fabricación de etanol anhidro o carburante y biodiesel son similares a los utilizados en la mayoría de los países del mundo y se adecuan a las características de las materias primas disponibles actualmente. El uso de materias primas alternativas para biodiesel, como aceite de pulpa de coco implica la adopción de tecnologías existentes ligeramente diferentes a las actuales a fin de adaptarse a las nuevas especificaciones, pero su adopción no sería una barrera importante.
2. Agronomía: la actual investigación nacional y el desarrollo tecnológico derivado aún no son suficientes para dar respuestas a las nuevas necesidades surgidas del enfoque energético de la agricultura que traen los biocombustibles. Si bien existe investigación básica a medida de lo posible con la caña de azúcar, los resultados comparativos con otros países muestran que es insuficiente aun para aspirar a mayor competitividad a corto plazo. En cuanto a rubros para biodiesel, la investigación de los rubros identificados como más adecuados técnica y económicamente recién está en sus comienzos en forma aislada y no hay una organización que coordine racionalmente estos esfuerzos ni tampoco fondos financieros destinados a estas investigaciones.
3. Rubros para biocombustibles: se halla que el cocotero o mbokajá presenta un potencial energético (combustibles líquidos y sólidos más expelleres para alimentación animal) mayor aun al de la caña de azúcar en las condiciones actuales. Se confirma que energéticamente —y también desde otros puntos de vista ya expuestos— tanto el cocotero con vista al biodiesel —en realidad es un cultivo multipropósitos— como la caña de azúcar para etanol son los rubros más eficientes energéticamente, que se conozcan, para nuestro país.
4. Entre las tareas a realizar, la organización racional y desarrollo de investigaciones, sobre todo en el eslabón agrícola es un factor tan importante como la misma implantación de cultivos; más aun considerando que ni siquiera se conocen los potenciales productivos reales de varias especies de vocación bioenergética.

Anexos

Anexo 1

LEY N° 2748/2005 DE FOMENTO DE LOS BIOCOMBUSTIBLES EL CONGRESO DE LA NACIÓN PARAGUAYA SANCIONA CON FUERZA DE LEY:

- Artículo 1°** La finalidad de la presente Ley es contribuir al desarrollo sostenible de la República del Paraguay facilitando, asimismo, la implementación de proyectos bajo el Mecanismo de Desarrollo Limpio (MDL) previsto en el Artículo 12 del Protocolo de Kyoto, Ley N° 1447/99 “que aprueba el Protocolo de Kyoto de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el cambio climático”, para la consecución de los objetivos plasmados en la Ley N° 253/93 “que aprueba el Convenio sobre cambio climático adoptado durante la Conferencia de las NACIONES Unidas sobre medio ambiente y desarrollo —La Cumbre para la Tierra—, celebrada en la ciudad de Río de Janeiro, Brasil”.
- Artículo 2°** A los fines de la presente Ley, se entiende por biocombustibles a los combustibles producidos a partir de materias primas de origen animal o vegetal, del procesamiento de productos agroindustriales o de residuos orgánicos.
- Para ser considerados como tales, los biocombustibles, además de cumplir con las condiciones establecidas en el párrafo precedente, deberán ser definidos y cumplir con los parámetros mínimos de calidad que establezca el Poder Ejecutivo, a través del Ministerio de Industria y Comercio (MIC).
- Sin perjuicio de otros biocombustibles que el Poder Ejecutivo defina como tales vía decreto, a efectos de esta Ley se consideran biocombustibles al:
- biodiesel*: combustible de origen vegetal o animal apto para utilizarse en cualquier tipo de motor *diesel*;
 - etanol absoluto: apto para mezclarse con la gasolina y utilizarse en todo tipo de motores *nafteros* o del ciclo Otto;
 - etanol hidratado: apto para ser utilizado sin mezcla alguna en motores del ciclo Otto que estén especialmente diseñados para su uso.
- Artículo 3°** Los proyectos de inversión para producir biocombustibles, en las áreas agrícola, pecuaria o industrial, promovidos por personas físicas o jurídicas radicadas en el país gozarán de los beneficios establecidos en la presente Ley. Los requisitos específicos para que un determinado proyecto sea beneficiado con las disposiciones de la presente Ley, serán reglamentados por el Ministerio de Industria y Comercio (MIC) en coordinación con los demás organismos del Poder Ejecutivo, que pudieran resultar competentes.
- Artículo 4°** Declárase de interés nacional la producción industrial y su materia prima agropecuaria y el uso de biocombustibles en el territorio nacional.
- Artículo 5°** Para alcanzar reducciones de emisiones cuantificables de dióxido de carbono que no ocurrirían sino por el desarrollo de cada uno de los distintos proyectos y actividades directamente involucrados en la producción de un biocombustible, los beneficios que otorga la presente Ley, serán considerados como fuentes adicionales de financiamiento a los fines del Mecanismo de Desarrollo Limpio (MDL).

CAPÍTULO II AUTORIDAD DE CONTROL Y PROCEDIMIENTO

- Artículo 6°** Otórgase al Ministerio de Industria y Comercio (MIC) la atribución de certificar cuando una inversión o actividad industrial está directamente involucrada en la producción o uso de un biocombustible.
- Artículo 7°** A fin de obtener los beneficios de la presente Ley, el interesado deberá presentar su proyecto de inversión o actividad industrial ante el Ministerio de Industria y Comercio (MIC). Este Ministerio deberá expedir un certificado al respecto en un plazo no mayor a los sesenta días calendario, contados a partir de la presentación y cumplimiento de todos los documentos y requisitos que establezca la reglamentación. Si el Ministerio no rechazara el proyecto de inversión en este plazo, se lo tendrá por aprobado.
- No constituye requisito obligatorio para la producción de biocombustibles la Evaluación de Impacto Ambiental, ni para la actividad industrial, ni para la actividad agropecuaria.
- Artículo 8°** Otórgase al Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG), la atribución de promover con énfasis y efectividad y fiscalizar la producción de materias primas, tanto de origen vegetal como animal, a ser utilizadas en la elaboración de biocombustibles y emitir su certificación de origen.
- Artículo 9°** El productor de biocombustible, que quiera acogerse a los beneficios de esta Ley, comunicará al Ministerio de Industria y Comercio (MIC) y al Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG) la fecha de comienzo de la producción respectiva. A partir de ese momento, el correspondiente Ministerio deberá fiscalizar la actividad por lo menos una vez al año y certificar ante el Ministerio de Hacienda el cumplimiento de las condiciones para seguir gozando de los beneficios establecidos en esta Ley.
- Artículo 10°** El productor industrial deberá enviar al Ministerio de Industria y Comercio (MIC) antes del día diez de cada tercer mes, planillas demostrativas de los volúmenes de producción y de las ventas de biocombustibles realizadas en los meses inmediatamente anteriores, conteniendo obligatoriamente informaciones sobre proveedor, comprador, volumen y número de las respectivas notas de venta. Esto es a los efectos de estadística y de la provisión de los beneficios de la presente ley.
- Artículo 11°** Presentado el informe de producción de biocombustibles por parte del productor, el Ministerio de Industria y Comercio (MIC) tendrá un plazo de treinta días calendario para expedirse. Si no lo hiciera en este plazo, la producción declarada por el productor quedará automáticamente certificada a todos los efectos de esta Ley, salvo dolo.
- Artículo 12°** Las personas físicas o jurídicas que produzcan biocombustibles deberán utilizar materia prima procedente del país, salvo casos de situaciones y de desabastecimiento oficialmente declarados por el Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG).
- Artículo 13°** Bajo beneficios unitarios iguales al de la venta de combustible fósil, todas las empresas distribuidoras, a través de su red de estaciones de servicio, obligatoriamente deberán contar para venta los biocombustibles.
- Artículo 14°** Al Poder Ejecutivo le queda prohibido el cobro de tasas de inspección o en cualquier otro concepto, a los productores de biocombustibles, ni en su fase industrial, ni en la producción de materia prima, ni en la fase comercial u otra.

CAPÍTULO III BENEFICIOS IMPOSITIVOS

- Artículo 15°** Las personas físicas o jurídicas beneficiadas por esta Ley gozarán de los beneficios previstos en las Leyes 60/90 y 2421/04.

CAPÍTULO IV OBLIGATORIEDAD DE MEZCLA

- Artículo 16°** Todo combustible líquido, caracterizado como *gasoil* o *diesel*, deberá ser mezclado con *biodiesel* u otros combustibles adecuados en una proporción que será establecida por el Ministerio de Industria y Comercio (MIC), según la producción efectiva de los biocombustibles. El Ministerio de Industria y Comercio habilitará la venta de *biodiesel*, en los surtidores, sin mezcla cuando se den las condiciones técnicas para su uso y cuando existan los volúmenes suficientes para su uso sin mezcla.
- Artículo 17°** Todo combustible líquido, caracterizado como gasolina o nafta, deberá ser mezclado con etanol absoluto y el Ministerio de Industria y Comercio (MIC), establecerá el tipo de gasolina o nafta y la proporción de mezcla según la producción efectiva del alcohol absoluto. El Ministerio de Industria y Comercio (MIC) habilitará la venta de etanol absoluto en los surtidores, sin mezcla cuando se den las condiciones técnicas para su uso y cuando existan los volúmenes suficientes para su uso sin mezcla.
- Artículo 18°** La mezcla de biocombustibles con los combustibles derivados del petróleo, deberá realizarse en las refinerías y/o en las plantas de almacenamiento y despacho de combustibles, y el producto resultante comercializado por las empresas distribuidoras, a través de su red de estaciones de servicio. De igual manera, se deberá mezclar el biocombustible, directamente en los surtidores finales bajo la inspección y vigilancia de un funcionario del Ministerio de Industria y Comercio (MIC).

CAPÍTULO V SANCIONES

- Artículo 19°**
1. La infracción o incumplimiento de cualquiera de las obligaciones establecidas en la presente Ley, así como de cualquiera de las normas técnicas de calidad que se emitan, será sancionada por el Ministerio de Industria y Comercio (MIC), previa instrucción administrativa que garantizará al presunto infractor el derecho de defensa.
 2. Las sanciones que podrán aplicarse, serán: apercibimiento, suspensión o anulación de los beneficios previstos, de comiso y/o multa de hasta doscientos jornales mínimos para actividades diversas no especificadas en la República.
 3. El procedimiento para la aplicación de estas sanciones, las circunstancias de la comisión de los hechos y/o conductas que las generen, su gravedad y el monto máximo que corresponda aplicar por multa para cada infracción, dentro del límite fijado en esta Ley, así como la procedencia de las demás sanciones, será reglamentado por el Poder Ejecutivo. Dicha reglamentación deberá incluir un plazo no inferior a cinco (5) días hábiles para recurrir las sanciones ante el Tribunal de Cuentas.

CAPÍTULO VI DISPOSICIONES DE FORMA

- Artículo 20°** El Poder Ejecutivo reglamentará la presente Ley en el plazo de sesenta (60) días calendario, posteriores a su publicación.
- Artículo 21°** Comuníquese al Poder Ejecutivo.

Aprobado el Proyecto de Ley por la Honorable Cámara de Senadores, a los veinticinco días del mes de agosto del año dos mil cinco, quedando sancionado el mismo, por la Honorable Cámara de Diputados a los veintiséis días del mes de septiembre del año dos mil cinco, de conformidad a lo dispuesto en el Artículo 207, numeral 1) de la Constitución Nacional.

Víctor Alcides Bogado González

Presidente

H. Cámara de Diputados

Carlos Filizzola

Presidente

Presidente H. Cámara de Senadores

Víctor Oscar González Drakeford

Secretario Parlamentario

Cándido Vera Bejarano

Secretario Parlamentario

Asunción, 7 de octubre de 2005

Téngase por Ley de la República, publíquese e insértese en el Registro Oficial.

El Presidente de la República

NICANOR DUARTE FRUTOS

Raúl José Vera Bogado
Ministro de Industria y Comercio

Anexo 2

**DECRETO N° 7.412/06
POR EL CUAL SE REGLAMENTA LA
LEY N° 2748/05, “DE FOMENTO DE LOS BIOCOMBUSTIBLES”**

Asunción, 27 de abril de 2006

Visto:

La Ley N° 2748/05: “De Fomento de los Biocombustibles”.

La Ley N° 904/63: “Que establece las funciones del Ministerio de Industria y Comercio (MIC)”.

La Ley N° 109/92: Aprueba con modificaciones el Decreto-Ley N° 15 del 8/3/90, “Que establece las funciones y estructura orgánica del Ministerio de Hacienda”.

La Ley N° 81/92: “Que establece la estructura orgánica y funcional del Ministerio de Agricultura y Ganadería”; y

Considerando:

Que los proyectos de inversión para producir Biocombustibles, en las áreas agrícolas, pecuarias o industriales, promovidos por personas físicas o jurídicas radicadas en el país gozaran de los beneficios establecidos en la Ley N° 2748/05.

Que es necesario establecer e impulsar programas que favorezcan la localización de empresas e industrias en nuevos polos de desarrollo en el país, bajo el enfoque de cadenas productivas y *clusters*.

Que es necesario disminuir y contener los impactos externos de los precios de los combustibles en la economía nacional y las externalidades negativas al medio ambiente.

Que por Dictamen N° 334 del 27 de abril de 2006, la Abogacía del Tesoro del Ministerio de Hacienda, se ha expedido favorablemente.

Por tanto: En ejercicio de sus atribuciones constitucionales,

EL PRESIDENTE DE LA REPÚBLICA DEL PARAGUAY

DECRETA:

Art. 1° Reglaméntese la Ley N° 2748/05, “De Fomento de los Biocombustibles”, de conformidad a este Decreto.

I. DEFINICIONES

Art. 2° Se entiende por Biocombustibles a los combustibles definidos en el Artículo 2 de la Ley N° 2748/05. Los principales Biocombustibles que son beneficiados por la misma son: biodiesel, etanol absoluto y etanol hidratado respectivamente.

II. AUTORIDAD DE CONTROL Y PROCEDIMIENTO

Art. 3º El Ministerio de Industria y Comercio a través de la Subsecretaría de Estado de Comercio, implementará los recaudos necesarios para organizar y cumplir con las funciones de verificación y aprobación, vía Resolución ministerial, de las personas físicas o jurídicas que deseen dedicarse a la producción y venta de Biocombustibles.

Art. 4º Las personas físicas o jurídicas interesadas en ingresar al sector de Biocombustibles deberán presentar una solicitud al Ministerio de Industria y Comercio, acompañado de un “proyecto de inversión” que demuestre la viabilidad técnica, económica y financiera, para su estudio y justificación.

Antes de que el Ministerio se expida sobre la pertinencia o no de la solicitud, el interesado deberá presentar la Licencia Ambiental expedida por la Secretaría del Ambiente (SEAM), a todos los efectos previstos en la ley. Se considerará como no presentada toda solicitud o proyecto que no cuente con la citada Declaración; por lo que el plazo previsto en la ley para que opere la resolución ficta positiva en favor del particular, comenzará a correr una vez que se presenten todos los documentos exigidos en la resolución administrativa, en especial la declaración de impacto ambiental.

- La solicitud deberá contener:
 - a) Nombre y apellido o razón social, domicilio, teléfono y Registro Único de Contribuyentes (RUC) del solicitante,
 - b) Especificar si se trata de una nueva actividad, ampliación o renovación, modernización y complementación de actividad existente.
 - c) Descripción de la actividad a ser desarrollada en función a los objetivos establecidos en la ley.
 - d) Ventajas para el país de la ejecución del proyecto.
 - e) Beneficios solicitados, su justificación y cuantificación de los montos sujetos a exención, cuando corresponda
- El proyecto de inversión deberá contener:
 - a) Antecedentes del solicitante.
 - b) Estudio de mercado.
 - c) Capacidad de producción.
 - d) Localizador.
 - e) Materias primas e insumos.
 - f) Mano de obra,
 - g) Ingeniería del proyecto,
 - h) Seguridad Industrial.
 - i) Licencia Ambiental.
 - j) Monto de la inversión.
 - k) Estudio económico-financiero.
 - l) Organización de la empresa.
 - m) Presupuesto de ingresos y egresos.

Art. 5º Las informaciones contenidas en el citado proyecto de inversión y sus anexos, tendrán carácter de declaración jurada.

Art. 6º La Subsecretaría de Estado de Comercio, evaluará los recaudos legales, técnicos y económicos, expidiendo un certificado de aprobación al respecto en un plazo no mayor a los sesenta días calendario, contados a partir de la presentación y cumplimiento de todos los documentos y requisitos que se establezca.

Art. 7º Los criterios para certificar cuando una inversión o actividad industrial esta directamente involucrada en la producción de un Biocombustible, será realizada mediante la verificación in situ de los procesos y equipamientos necesarios para la fabricación de los productos respectivos, presentado en su proyecto de inversión.

- Art. 8°** Para la localización de las plantas fabriles, se tendrá en cuenta la disponibilidad de materia prima, a fin de otorgarse los beneficios de la Ley N° 2748/05. Los interesados deberán demostrar el origen y la disponibilidad de materias primas necesarias para su producción.
- Art. 9°** Las empresas interesadas en ingresar al sector de la Producción de Biocombustibles deberán notificar en forma escrita a las Subsecretarías de Estado de Comercio, dentro de los 10 días hábiles anteriores al inicio de la producción.
- Art. 10°** A fin de verificar la producción de biocombustible realizada por las empresas industriales, los funcionarios designados por las Subsecretarías de Estado de Industria y de Comercio, se trasladaran hasta las plantas industriales una vez recepcionada la comunicación de inicio de producción.
- La Subsecretaría de Estado de Comercio llevará las estadísticas referente a toda la cadena productiva de Biocombustibles, para lo cual recepcionará entre el 1 y el 10 de los meses de enero, abril, julio y octubre respectivamente, las planillas demostrativas de los volúmenes de producción y de las ventas de biocombustibles realizadas por las plantas productoras, así como también de las materias primas utilizadas en los procesos productivos en los meses inmediatamente anteriores. Para lo cual, estará provveyendo de las planillas correspondientes a las empresas involucradas.
- Art. 11°** Para monitorear el volumen de producción y venta de las empresas productoras de Biocombustibles, la Subsecretaría de Estado de Comercio, proporcionará los formularios necesarios para el efecto a los responsables, considerándose a las informaciones proporcionadas por los mismos el carácter de Declaración Jurada, a fin de establecer las proporciones de mezclas de biocombustibles con combustibles fósiles vía Resolución.
- Art. 12°** El Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG) certificará a través de sus órganos competentes el origen de las materias primas para la producción de alcoholes, aceites o grasas, requeridos para la elaboración de Biocombustibles.
- Art. 13°** El Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG) desarrollará programas de producción agrícola que garanticen la apropiada disponibilidad de materia prima tanto para la obtención de aceites como de alcohol destinados a la producción de Biocombustibles. Ante situaciones de desabastecimiento interno temporal o marcada conveniencia económica temporal de las materias primas, el MAG establecerá los mecanismos necesarios para verificar y certificar dicha situación.

III. DE LOS BENEFICIOS

- Art. 14°** Establécese, por razones de interés nacional, a partir de la fecha de promulgación de este Decreto, la mezcla del:
- Biodiesel* con el *gasoil* o *diesel* a ser comercializado en todo el territorio de la República, en una proporción a ser determinada por Resolución del Ministerio de Industria y Comercio (MIC), según la producción efectiva y competitiva del *Biodiesel*.
 - Etanol absoluto con las gasolinas, excepto la de aviación y la gasolina de 97 octanos como mínimo, a ser comercializadas en el territorio de la República, en una proporción a ser determinada por Resolución del Ministerio de Industria y Comercio (MIC), según la producción efectiva y competitiva del etanol absoluto.
- Art. 15°** Cuando una empresa solicite además los beneficios de la Ley N° 60/90, se remitirá el proyecto al Consejo de Inversiones del Ministerio de Industria y Comercio para su estudio, a fin de que este se expida sobre el mismo de acuerdo al procedimiento previsto en la reglamentación de dicha ley.
- Art. 16°** Los emprendimientos cuyos proyectos incluyan la mitigación al cambio climático de captura o remoción de gases de efecto invernadero en el marco reglamentario del Mecanismo de Desarrollo Limpio (MDL) y otros mercados paralelos, deberán presentar sus proyectos a la Oficina Nacional de Mecanismo de Desarrollo Limpio (ONMDL), dependiente de la Secretaría de Medio Ambiente (SEAM), a los efectos de su evaluación e implementación.

IV. NORMAS TÉCNICAS

- Art. 17º** Las especificaciones técnicas que deberá cumplir el *Biodiesel* en carácter obligatorio, para su uso con o sin mezcla con el *gasoil* o diesel son las establecidas en la Norma Paraguaya PNA 16 018 05, que queda aprobada por el presente Decreto y en su última edición.
- Art. 18º** Las especificaciones técnicas que deberá cumplir el etanol absoluto en carácter obligatorio, para su uso con o sin mezcla con las gasolinas son las establecidas en la Norma Paraguaya 025, aprobada por Decreto 20.842/80, en su última edición.
- Art. 19º** Las especificaciones técnicas que deberá cumplir el etanol hidratado en carácter obligatorio, apto para ser utilizado sin mezcla alguna en motores del ciclo Otto que estén especialmente diseñados para su uso, deberán cumplir con las especificaciones técnicas establecidas en la Norma Paraguaya 025, aprobada por Decreto 20.842/80, en su última edición.

V. MECANISMO DE COMERCIALIZACIÓN

- Art. 20º** Las refinерías de petróleo, las distribuidoras de combustibles, los transportistas de combustibles y las estaciones de servicios, deberán tener adaptadas sus instalaciones y equipamientos para el almacenaje, transporte y expendio de los Biocombustibles y las mezclas según el caso, las cuales deberán solicitar la habilitación correspondiente a la Subsecretaría de Estado de Comercio del Ministerio de Industria y Comercio, de conformidad a la legislación vigente en la materia.
- Art. 21º** El cumplimiento del presente Decreto y sus reglamentaciones, en lo relativo al porcentaje de mezcla del *Biodiesel* con el *gasoil* o *diesel* y del etanol absoluto con las gasolinas, comercializadas a través de las estaciones de servicios en todo el territorio de la República, será responsabilidad de las empresas distribuidoras de combustibles y fiscalizada por la Subsecretaría de Estado de Comercio.
- Para el caso de que las mezclas se realicen en forma directa en los tanques de las estaciones de servicios, la misma deberá solicitar a la Subsecretaría de Estado de Comercio del Ministerio de Industria y Comercio la autorización correspondiente y la fiscalización del procedimiento, adjuntando para el efecto la aprobación de la empresa distribuidora de combustible con la cual opera.
- Art. 22º** La actividad de reventa al por menor de los Biocombustibles así como de sus mezclas podrán ser realizadas en las estaciones de servicios de las distintas empresas distribuidoras de combustibles habilitadas por la Subsecretaría de Estado de Comercio.
- Art. 23º** El Ministerio de Industria y Comercio a través de la Subsecretaría de Estado de Comercio, podrá autorizar la instalación de puestos de consumo propios de Biocombustibles para satisfacer el consumo interno de establecimientos agropecuarios, ganaderos industriales, comerciales, empresas de transporte y viales, reparticiones militares y públicas, etc., que por la naturaleza de las tareas desarrolladas justifiquen dicha instalación, no pudiendo los mismos comercializar al público.
- Art. 24º** La autorización otorgada por la Subsecretaría de Estado de Comercio del Ministerio de Industria y Comercio, implica la fiscalización de los puestos de expendio a consumidores finales, así como los de consumo propio.

VI. SANCIONES

- Art. 25º** Los titulares de autorizaciones, aprobaciones y en general las personas físicas o jurídicas beneficiadas por la ley objeto de la presente reglamentación, serán pasibles de las sanciones cuando infrinjan las disposiciones reglamentarias contenidas en el presente Decreto.
1. El ejercicio de la potestad disciplinaria a que se refiere este artículo corresponde al Ministerio de Industria y Comercio.
 2. Las actuaciones judiciales que se lleven a cabo ante eventual concurrencia de delito o faltas sancionadas por el Código Penal serán independientes de la actuación administrativa, como también lo serán las sanciones que en cada instancia que se apliquen, las que pueden ser acumulativas.
- Art. 26º** Los titulares de autorizaciones, aprobaciones y en general las personas físicas o jurídicas beneficiadas por la ley objeto de la presente reglamentación, responsables de contravenciones y/o infracciones a las disposiciones del presente Decreto y sus reglamentaciones, serán pasibles de las siguientes sanciones:
1. apercibimiento;
 2. multa de 100 (cien) a 200 (doscientos) jornales mínimos establecidos para trabajadores de actividades diversas no especificadas en la capital, de acuerdo a la gravedad de la infracción;
 3. suspensión de los beneficios;
 4. decomiso o incautación de la producción; y
 5. cancelación de la autorización para la producción;
- Art. 27º** Para la imposición de las sanciones enumeradas en el Artículo precedente, el Ministerio de Industria y Comercio podrá reglamentar por Resolución interna el Régimen de Procedimientos para la aplicación de la gradación de las mismas, para lo cual se atenderá a los siguientes criterios:
1. naturaleza de la infracción;
 2. gravedad del perjuicio causado;
 3. beneficio obtenido como consecuencia de la infracción; subsanación de la infracción por iniciativa propia; conducta anterior de las personas físicas o jurídicas beneficiadas por la ley objeto de la presente reglamentación, en relación con las normas reglamentarias; y;
 4. reincidencia en las transgresiones.
- Art. 28º** Las infracciones deberán probarse en sumario administrativo, a instruirse por un Juez Sumariante, funcionario de la Dirección General de los Asuntos Legales del Ministerio de Industria y Comercio, y designado a ese efecto. Debe intervenir el inculpado, un defensor que el designe o un defensor de oficio designado por la Dirección General de Asuntos Legales del Ministerio de Industria y Comercio.
- Art. 29º** La Resolución que recae en el sumario administrativo causa ejecutoria y habilita al afectado a plantear la correspondiente acción contenciosa administrativa ante el Tribunal de Cuentas en el plazo perentorio de cinco días hábiles de haber sido la misma notificada al particular.
- Art. 30º** La representación del Ministerio de Industria y Comercio en los Juicios contencioso administrativo estará a cargo de la Dirección General de Asuntos Legales de dicho Secretaría de Estado.
- Art. 31º** El presente Decreto será refrendado por los Ministros de Industria y Comercio, de Hacienda y de Agricultura y Ganadería.
- Art. 32º** Comuníquese, publíquese, dése al Registro Oficial.

El Presidente de la República

NICANOR DUARTE FRUTOS

Raul Vera Bogado

Ministro de Industria y Comercio

Ernst Bergen Schmidt

Ministro de Hacienda

Anexo 3

DESCRIPCIÓN COCOTERO O MBOKAJÁ

Acrocomia aculeata

SU POTENCIAL COMO CULTIVO PARA MÚLTIPLES PROPÓSITOS

Cuando se habla de plantas oleaginosas perennes tropicales y subtropicales con potencial para *biodiesel*, usualmente se habla de la palma aceitera (*elaeis guineensis*) y *jatropha curcas*.

La primera tiene la ventaja de haber sido bien investigada, desarrollada y utilizada en muchos países tropicales del mundo, la segunda recién está entrando en este proceso.

La tercera en esta alianza podría ser la palmera llamada cocotero o *mbokajá* (Paraguay), *macaúba* o *bocaiúva* (Brasil), *cuyol*, *corozo*, *totalí*, *gru gru* (otros países), cuyo nombre científico es *acrocomia aculeata*, que puede ser clasificada en muchos aspectos como un intermedio entre las propiedades de las 2 primeras especies mencionadas. Por ejemplo, posee un alto rendimiento energético como la palma aceitera y por otro lado puede crecer en suelos de baja vocación agrícola en el trópico y subtrópico, con pocas plagas y con alta resistencia a los elementos, como *jatropha*.

FIGURA A-1
PALMERA ADULTA MOSTRANDO FRUTOS Y FLORES



Fuente: Agroenergías SRL, <agroenergias@agroenergias.com.py>

Reconociendo que aun existe mucho por desarrollar agropecuariamente de *acrocomia*, podemos remarcar lo siguiente:

Es una palmera espinosa de origen en América Latina, cuyas variedades crecen naturalmente desde México hasta el norte de Argentina. Algunas variedades resisten heladas y temperaturas bajo cero (-5°C) sin ningún daño, así la palma podría ser plantada en todo el subtrópico. A pesar de algunos esfuerzos, no ha habido ninguna domesticación sistemática de esta especie hasta hoy, sin embargo los frutos han sido procesados industrialmente ya por décadas, pero solo en Paraguay. Hasta hoy estas industrias se surten de los frutos de palmeras silvestres, sin ningún manejo o cultivo racional.

Considerando el conocimiento actual, los frutos de *acrocomia* muestran la siguiente composición:

CUADRO A-1
COMPOSICIÓN DE LOS FRUTOS DE ACROCOMIA
(En porcentajes)

• Partes del fruto	• Variación	• Promedio
• 1. Pericarpio o cascarilla	• 15 – 25	• 18
• 2. Mesocarpio o pulpa	• 25 – 45	• 36
• 2.1 Aceite	• 5 – 24	• 11
• 2.2 Expeller	• 17 – 23	• 25
• 3. Exocarpio o carozo	• 30 – 45	• 36
• 4. Endocarpio o almendra	• 8 – 13	• 10
• 4.1 Aceite	• 4 – 7	• 5
• 4.2 Expeller	• 3 – 5	• 4

Fuente: Elaboración del autor.

La variación en las composiciones es congruente con el análisis de frutos de poblaciones de palmas silvestres de diferentes regiones geográficas y en condiciones de cuidados, suelo y clima diversos. En algunas zonas se midieron rendimientos promedios de frutos de 70 kg por palma y en casos especiales más de 100 kg por palma, y por otro lado, tan solo 15 kg de frutos por palma en promedio en otras regiones. La vida útil productiva de la palmera se calcula en por lo menos 70 años.

Análogamente se identificaron rendimientos de aceite de mesocarpio (pulpa de coco) que duplican el promedio señalado. Estos resultados dan pie a pensar que a través de la domesticación de *acrocomia* se alcanzarían grandes mejoras en rendimientos y calidad de frutos.

Una palma *acrocomia* crece de 8 a 12 m de altura. Con un distanciamiento adecuado es posible plantar alrededor de 500 palmeras por hectárea, sin sobreponer una palmera sobre la otra. Si cada palmera produce 45 kg de frutas —a partir de los 5 años y con cuidados culturales apropiados— la cosecha será de alrededor de 22 ton/ha/año. Teóricamente podría llegarse a 40 ton/ha/año.

La utilización de los subproductos de la industrialización, entre los cuales se encuentran 2 tipos de aceites, incluye:

CUADRO A-2
UTILIZACIÓN DE LOS SUBPRODUCTOS

• Subproducto	• Utilización actual y potencial
• Pericarpio	• Fertilizante biológico, combustible para hornos y calderas.
• Aceite de mesocarpio (pulpa)	• Industria química y cosmética. Biodiesel
• Expeller de mesocarpio	• Alimentación de animales.
• Exocarpio (carozo)	• Combustible para hornos y calderas, carbón de alto poder calorífico. Materia prima para carbón activo.
• Aceite de endocarpio (almendra)	• Cosmética fina, industria química, alimentación humana. Biodiesel.
• Expeller de endocarpio	• Alimentación de animales.

Fuente: Elaboración del autor.

La utilización no industrial de *acrocomia*, a nivel de finca incluye prácticamente todas las partes de la palmera, por orden de importancia podemos citar:

- Fruto completo: como ración animal, entero o molido finamente (*feed lot*).
- Mesocarpio: (rico en betacaroteno), consumo humano en forma fresca o como harina, helados, mermeladas, licor. Consumo animal (*feed lot*).
- Endocarpio: consumo humano directo o rallado con otras harinas. Consumo animal.
- Raíces: medicina tradicional: infusión como hipotensor.
- Flores: como decoración y aromatizador de ambientes en época navideña.
- Hojas frescas: alimentación animal en invierno, fibras para confección de sogas.
- Espinas: como agujas o alfileres.
- Tronco: consumo humano de cogollo hervido, extracción de harina y licor de savia (vino de *coyol*), como material de construcciones rudimentarias.

Si la bioenergía jugará un importante rol en el futuro, la viabilidad de un proyecto de este tipo dependerá mucho de lo que un cultivo pueda ofrecer en alimentación, materias primas para energía propiamente dicha y otros usos útiles y rentables en una determinada área. *acrocomia* satisface estas condiciones como pocas o ninguna otra planta en el subtrópico, siendo además, y a diferencia de otros cultivos energéticos alternativos, muy utilizable por el propio agricultor en su finca como se citó.

Considerando una producción de 22 ton/ha/año y la composición promedio de frutos señalada, resulta que *acrocomia* podría generar alrededor de 3,2 ton/ha de aceites y posiblemente aun más. Se han realizado ensayos exitosos de conversión de ambos aceites a *biodiesel*, cumpliendo con las normativas de referencia internacionales.

Considerando la suma de los poderes caloríficos de los componentes de la industrialización de los frutos, se obtienen 380.000 MJ/ha, valor solo comparable al de la palma aceitera o caña de azúcar. Además, se encuentra que puede cubrirse toda la demanda de energía térmica de las etapas de aceitera y conversión a *biodiesel* con la combustión del pericarpio o carozo de coco, evitando de este modo la utilización de otros combustibles como leña de bosques nativos o de origen fósil.

Al igual que la palma aceitera, ya existe tecnología desarrollada para el procesamiento de los frutos de *acrocomia*. Las actuales plantas procesadoras de frutos bien administradas muestran una alta rentabilidad y un corto período de recuperación del capital invertido, aun sin considerar la utilización de los aceites como materia prima de *biodiesel*. Esta última aplicación puede dar mayor valor agregado a la cadena de producción de *acrocomia*, al utilizar de manera más redituable un aceite con aplicaciones limitadas en la actualidad, aumentando también la rentabilidad para los productores de materia prima.

Los valores de productividad y composición de frutos de palmas silvestres mostrados son alcanzados ya hoy en día, sin ningún tipo de cuidado cultural, riego o fertilización del suelo. Con la investigación y domesticación de la especie, los valores señalados pueden llegar a ser iguales o superiores a los más altos del rango.

Para trasladar las ideas en acción, Agroenergías SRL, la Universidad Católica del Paraguay y la Universidad de Hohenheim de Alemania han firmado un Acuerdo de Cooperación con el objetivo de investigar y desarrollar especies perennes de vocación energética, como *acrocomia*, entre otras.

La idea es generar el conocimiento científico y práctico para permitir a productores y empresas de países en vías de desarrollo —que puedan cumplir las condiciones— sustituir sus

necesidades de combustibles líquidos en mayor proporción a través de la bioenergía y a la vez aprovechar racionalmente los subproductos generados en la cadena de producción, colaborando en generar fuentes de trabajo sostenibles y respetando el medio ambiente de cada región.

Para producir 1 millón de toneladas de *biodiesel* por año, considerando solo las 2 ton/ha de aceite de mesocarpio de *acrocomia*, se precisarían 5.000 km² de tierras.

Citando como ejemplo el caso de Paraguay, sería teóricamente suficiente alrededor de 1,3% de su territorio para sustituir todo su combustible diesel importado, desarrollando toda una nueva cadena productiva generadora de empleos rurales, de gran impacto socio económico en ese país y utilizando tierras de baja vocación agrícola.

Bibliografía

- Agroenergías SRL (2008), Palmera de múltiple utilización y alto potencial productivo, <http://www.agroenergias.com.py/es/acrocomia.php?sec=1>
- BCP (Banco Central del Paraguay) (2007), Balanza de Pagos y posición de Inversión Internacional - Estadísticas
- BEN (Balance Energético Nacional) (2006), Caracterización de la agricultura familiar en el Paraguay, Viceministerio de Minas, Fátima Almada, Alex Barril García, Asunción, ISBN-92-90-39-737-3.
- Biocombustibles en Paraguay – Presentación realizada por Gerente General de Petropar en Santa Rita – Paraguay.
- Birol, Faith (AÑO 2008), “No podemos aferrarnos al crudo, debemos dejarlo antes de que nos deje” Artículo aparecido en “The Independent”, <<http://www.independent.co.uk/news/business/business/comment/outside-view-we-cant-cling-to-crude-we-should-leave-oil-before-it-leaves-us-790178.html>>
- Cabrera, A. L. & Willink, A. —1973— Biografía de América Latina — Organización de los Estados Americanos, Ser. Biología. Monogr. 13: 1-120. Washington.
- CAPECO (Cámara Paraguaya de Exportadores de Cereales y Oleaginosas), (2007), Estadísticas para los granos de soja, <<http://www.capeco.org.py/estadisticas.php>>
- CAPPRO (Cámara Paraguaya de Procesadores de Oleaginosas), (2006), Estadísticas para el girasol, canola y algodón.
- Chamot, Jorge y otros (2006), “Paraguay: Reforma del Sector Hidrocarburos”, Programa de Asistencia a la Gestión del Sector de la Energía (Energy Sector Management Assistance Programme (ESMAP), Banco Mundial), marzo.
- EUBIA (European Biomass Industry Association), (2007), Conversion Routes to Bioenergy <http://www.eubia.org/113.0.html>
- European Commission (2007), Report: Expert Meeting Jatropha, Research Directorate-General, Directorate E: Biotechnologies, Agriculture, Food, Brussels, diciembre 7, <http://ec.europa.eu/research/agriculture/pdf/events/report_on_expert_meeting_jatropha_2007.pdf>

- FAO (Food and Agriculture Organization) (1994), Mapa de Suelos porción Paraguay, a una escala de análisis de 1:1.000.000 y publicado a escala 1:5.000.000 por Erico E. González, P. Alonso y C. Rodas.
- Fritsche, Uwe R. y Wolfgang Jenseit (s/f), “UNIDO Biofuels Strategy”, Eco Instituto, Oficina de Darmstadt, <<http://www.unido.org/>>
- Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura) (2007), “El estado del arte de los biocombustibles en el Paraguay”, Asunción, ISBN-13: 978-92-9039-793-9.
- INTA-CEIL-CONICET (Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria-Centros de Investigación y Servicios-Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas) (2004), Proyecto Transformación Productiva y Demanda de Mano de Obra en el Agro Argentino 1980-2000, Convenio entre los organismos.
- JatrophaWorld (2008), Hamburg, <<http://www.futureenergyevents.com/jatropha/>>
- Llach, Juan y otros (2004), La Generación de Empleo en las Cadenas Agroindustriales, Fundación Producir Conservando, (considera el empleo generado por toda la cadena agroindustrial *sojera*).
- MAG (Ministerio de Agricultura y Ganadería) (2008), Dirección General de Planificación, Unidad de Estudios Agroeconómicos, , “El Sector Agropecuario y Forestal en Cifras”
- _____ (2007), Dirección General de Planificación, Unidad de Estudios Agroeconómicos, , “El Sector Agropecuario y Forestal en Cifras”
- (2007b), Conferencia de Prensa del Ministro de Agricultura del 20 de diciembre, Noticiero abc Digital <<http://www.abc.com.py/articulos.php?pid=380433>>
- _____ (2003), Dirección de Censos y Estadísticas Agropecuarias (DCEA), Encuesta Agropecuaria por Muestreo.
- MIC Página Web, 2006, Ministerio de Industria y Comercio http://www.mic.gov.py/index.php?option=com_content&task=view&id=58&Itemid=103
- OCIT (Oficina Consultiva y de Investigación Técnica), (2008), Datos de exportación.
- PETROPAR (Petróleos del Paraguay) (2007) DESAFIOS Y OPORTUNIDADES EN EL DESARROLLO DE LOS
- REDIEX (Red de Inversiones y Exportaciones) (2007), “Cuantificación de los Impactos Económicos de la Implementación de la Política de Impulso a los biocombustibles – producción de etanol”, Mesa de Combustibles.
- República del Paraguay (2005-2013), Plan Estratégico del Sector Energético.
- Sheehan *et al.* (1998), An Overview of Biodiesel and Petroleum Diesel Life Cycles, NREL/TP-580-24772.
- Udvardy, M. (1982). "A Biogeographical Classification System for Terrestrial Environments". (Prepared for IUCN's Commission on National Parks and Protected Areas in cooperation with the United Nations Environment Programme). En: National Parks Conservation and Development. Editado por J. A. Mc. Neely y K. R. Miller, Washington, Smithsonian Institution, 1984 (34-38).