



## **BIOCOMBUSTIBLES EN CHILE. ¿UNA ALTERNATIVA FACTIBLE?**

**Fredy H. Wompner G.<sup>1</sup>**  
Investigador Asociado a Pekea, Chile  
[wompner@gmail.com](mailto:wompner@gmail.com)

### **RESUMEN**

El presente artículo analiza la importancia que están cobrando hoy en día los combustibles biológicos, los cuales pueden sustituir parte de los combustibles fósiles, tradicionales como el petróleo y el carbón y dentro de los cuales, los más usados son el biodiesel y bioetanol

Se realiza también un análisis de el notable desarrollo que actualmente se observa de los biocombustibles a nivel mundial, sobre todo a partir del año 2000, hasta el día de hoy, donde es una industria en franco desarrollo, tanto por el concepto de seguridad energética como por ser ambientalmente sustentable.

En el contexto regional la producción de biocombustibles (Etanol y Biodiesel) se concentra en pocos países y aunque son bienes poco transados internacionalmente, existe un fuerte interés de varias naciones por generar un mercado de exportación, como es el caso de Brasil y Argentina.

Es un propósito también analizar la factibilidad de que productores agrícolas, puedan ser actores protagónicos dentro del contexto nacional, en la producción de biodiesel a partir de Raps, además de comprender el potencial productivo que se abre en el país y las repercusiones puede generar este negocio dentro de la economía.

Chile presenta grandes ventajas y oportunidades para el desarrollo de esta industria tales como; una agricultura fuertemente tecnificada, situándose en algunos rubros entre los países con mayores índices de rendimientos en el mundo. La principal limitación que enfrenta el país, para la producción de biocombustibles, es la escasez relativa de terrenos agrícolas cultivables. Y su principal amenaza es la importación de este producto, lo que echaría por el suelo cualquier intento de desarrollo de esta incipiente industria. Lo anterior obliga a aumentar la investigación en la producción de materias primas y en los procesos de elaboración de los biocombustibles, dado que según el análisis de precios el biodiesel parece ser un buen competidor del Diesel, del cual se espera que en el futuro alcance límites impensados.

**PALABRAS CLAVES: BIOCMBUSTIBLES, ETANOL, BIODIESEL, ENERGIA, DESARROLLO SUSTENTABLE, MEDIO AMBIENTE.**

---

<sup>1</sup> Fredy Wompner es Ingeniero Comercial, Magíster en educación y Diplomado en Docencia Universitaria, también es escritor e impulsor del holismo en Chile.

## **1. INTRODUCCIÓN**

La creciente necesidad energética de la sociedad humana y las limitadas fuentes de energía no renovable ha generado un vuelco hacia la investigación y el uso de fuentes de energía renovables que permitan reemplazar los limitados yacimientos energéticos fósiles actuales, de los cuales depende casi el cien por ciento de la energía utilizada por el hombre. Y de cierta forma, también ha sido influenciado por las constantes alzas en los precios del crudo a nivel mundial, lo que ha provocado un crecimiento explosivo de los biocombustibles.

Frente al actual desafío, los biocombustibles a partir de diferentes cultivos, surgen como una alternativa de reemplazo de los combustibles tradicionales obtenidos del petróleo. Los más difundidos son el etanol y el biodiesel, este último se presenta como una alternativa atractiva para su elaboración a partir de Raps o Canola, cultivo industrial presente por décadas para la producción de aceite comestible, susceptible de ser transformado en un biocombustible como es el biodiesel. En cuanto al Raps como especie presenta la ventaja de ser una alternativa a la rotación de cultivos, especialmente de los cereales, lo que produce una reactivación de la agricultura tradicional en diferentes zonas de cultivo, generando una revolución verde a nivel mundial, que esta creando un motor económico que arrastra la necesidad de recursos naturales (tierra, agua), fertilizantes, servicios y una creciente demanda de mano de obra, con la consiguiente generación de empleos y reactivación de zonas rurales relativamente postergadas.

Existen lugares, como Europa donde países como Alemania, Francia y otros ya están produciendo biodiesel a nivel industrial, los cuales, poseen un desarrollo tecnológico e industrial muy superior a la realidad chilena. Sin embargo, existen limitaciones en cuanto a disponibilidad de suelo y presiones demográficas, que el sur de Chile no presenta, generando un nicho comercial que puede ser aprovechado por esta novedosa actividad industrial, lo que abre todo un abanico de posibilidades productivas y económicas para el sector agrícola principalmente.

En el nuevo escenario mundial que se presenta, Chile no quiere quedarse atrás, ya que al ser principalmente un importador de combustible, es muy sensible a las fluctuaciones externas, y observa con buenos ojos la posibilidad de disminuir la dependencia de crudo en el mercado internacional.

Este artículo tiene como propósito analizar la factibilidad de que productores agrícolas, puedan ser actores protagónicos dentro del contexto nacional, en la producción de biodiesel a partir de Raps, además de comprender el potencial productivo que se abre en el país y las repercusiones que puede generar este negocio dentro de la economía.

## **2. CONCEPTUALIZACIÓN GENERAL**

El término biocombustible corresponde a combustibles derivados de biomasa renovables para su uso en motores a combustión interna o para otro tipo de generación de energía, que pueda sustituir parcial o totalmente los combustibles de origen fósiles (ODEPA<sup>2</sup>, septiembre 2008).

Los combustibles biológicos pueden sustituir parte de los combustibles fósiles, tradicionales como el petróleo y el carbón. Los combustibles más usados son el biodiesel y bioetanol.

El bioetanol llamado también etanol de biomasa es todo combustible líquido compuesto por alcohol etílico anhídrido desnaturalizado, obtenido por la destilación del producto de la fermentación de materias primas vegetales ricas en azúcares, almidones o lignocelulosa y se obtiene a partir de maíz, sorgo, caña de azúcar o remolacha. Brasil es el principal productor de bioetanol con el 45% de la producción mundial. Estados Unidos representa el 44%, China el 6%, Unión Europea el 3%, India el 1%, otros países el 1%.

El biodiesel, es todo combustible líquido compuesto por una mezcla de ésteres alquílicos obtenidos mediante la reacción química de transesterificación o conversión de ácidos grasos a ésteres metílicos o ésteres etílicos. Se fabrica a partir de aceites vegetales, que pueden ser ya usados o sin usar. En este último caso se suele usar Raps, Canola, y soja, los cuales son cultivados para este propósito. El principal productor de biodiesel del mundo es Alemania que concentra el 63% de la producción. Le sigue Francia con el 17%, Estados Unidos con el 10%, Italia con el 7%, Austria con el 3%.

---

<sup>2</sup> Oficina de Estudios y Políticas Agrarias dependiente del Ministerio de Agricultura.

### 3. EVOLUCIÓN DE LOS BIOCOMBUSTIBLES EN EL CONTEXTO INTERNACIONAL

El notable desarrollo que actualmente se observa de los biocombustibles a nivel mundial, sobre todo a partir del año 2000, tiene en sus orígenes dos variables fundamentales, sobre las cuales cada país optó al momento de diseñar una política para su promoción:

- La seguridad energética y no dependencia donde, Brasil y EE.UU. son sus genuinos representantes.
- La sustentabilidad ambiental, donde sus exponentes están en la unión Europea (UE), principalmente en Alemania y Suecia.

Si bien en un principio, la opción elegida por cada nación para desarrollar esta industria fue privilegiar en forma independiente una de otra variante, el devenir del crecimiento económico mundial y sus crisis asociadas, las han hecho converger. Fenómenos tales como el efecto invernadero y el calentamiento global, junto con el protocolo de Kyoto, la crisis por el incremento de la demanda energética, y el alza sostenida del precio del crudo, hicieron imposible concebir una estrategia de desarrollo sin considerar la variable de sustentabilidad ambiental, como también la seguridad e independencia energética.

Grafico N° 1: Producción mundial de Etanol

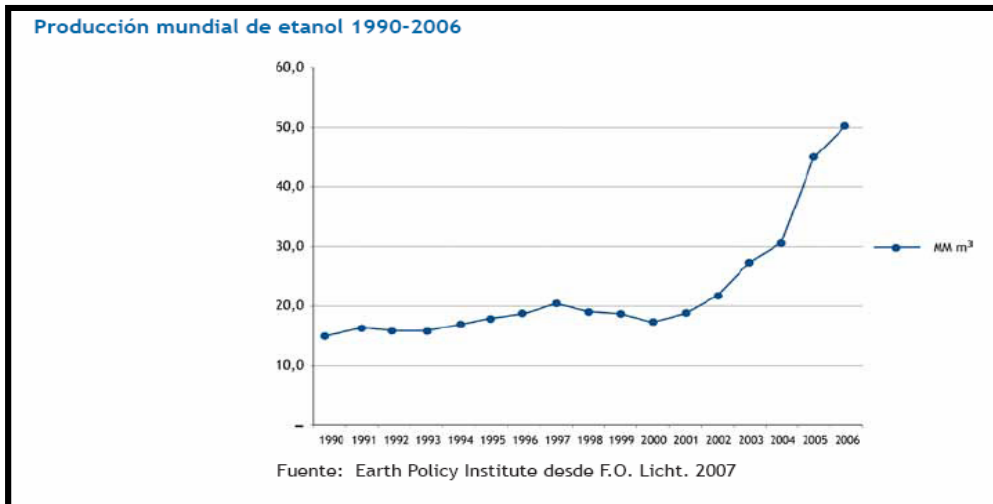
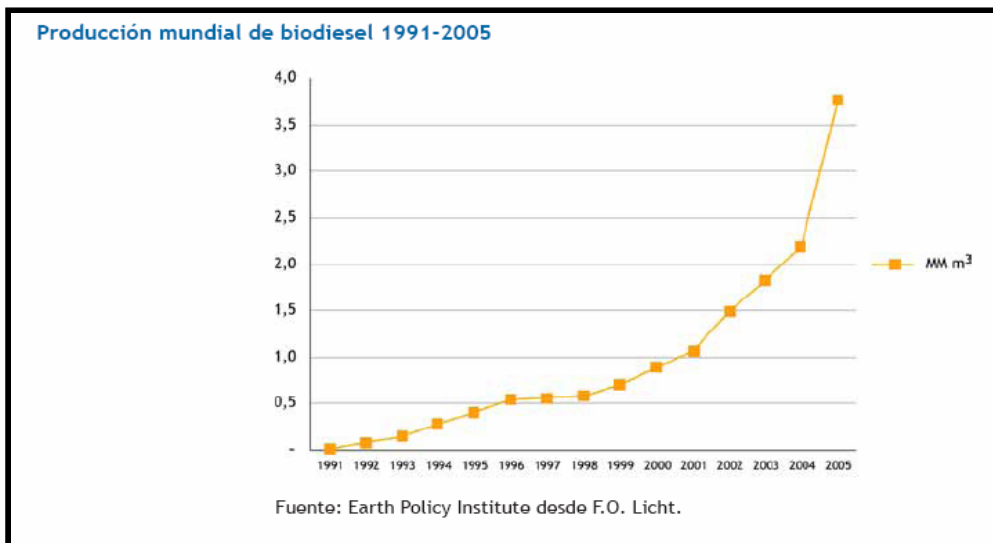


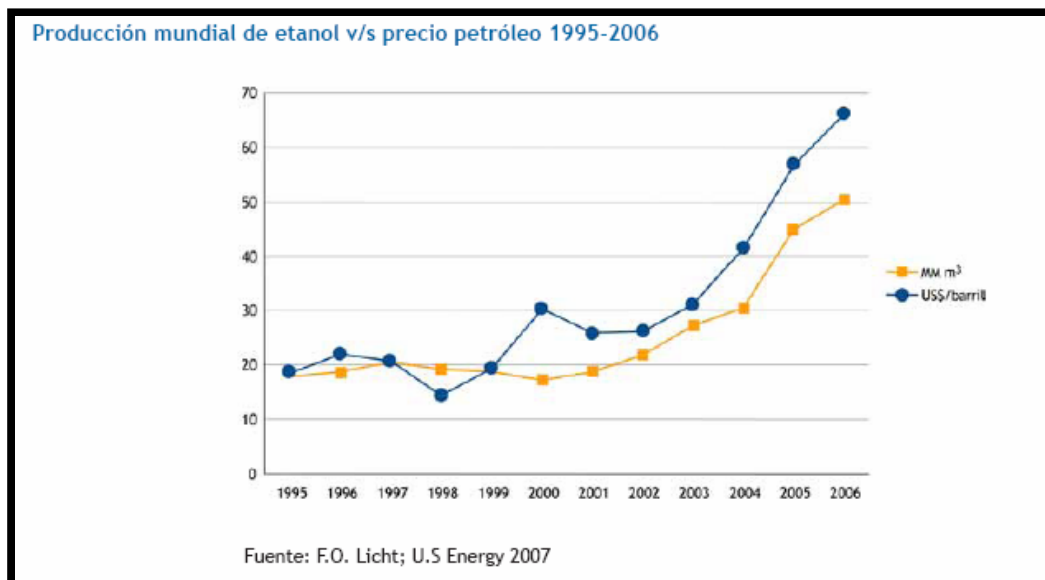
Grafico N° 2: Producción mundial de Biodiesel



Ambas figuras muestran una edición mundial por desarrollar biocombustibles, cuyo punto de inflexión hacia la expansión coincide con la guerra de Irak y la incertidumbre que se generó por la disponibilidad de este recurso en la cantidad y oportunidad que se pudieran demandar. Mas aun cuando se visualizaba una reactivación de la economía mundial y la irrupción de las economías asiáticas. Esta decisión se ve favorecida por el proceso de aceptación creciente del protocolo de Kyoto, con su entrada en vigencia a partir del año 2005.

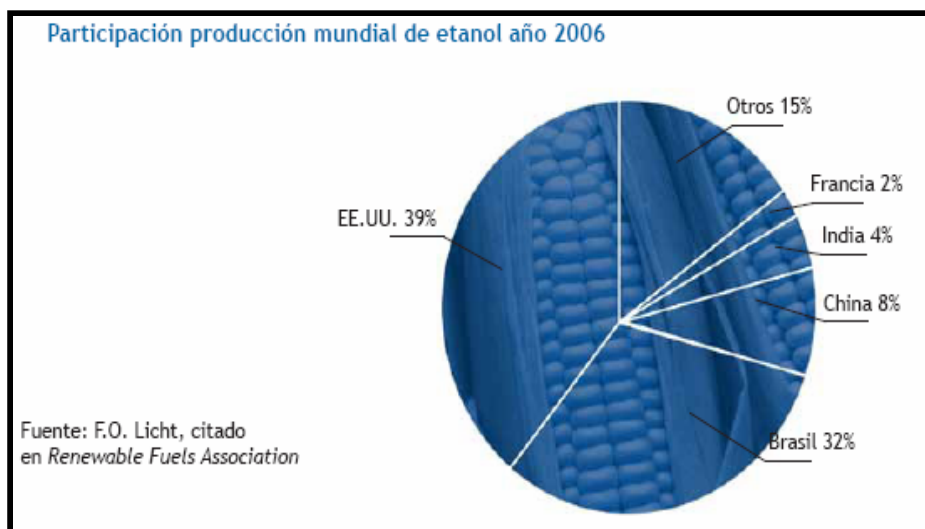
En ese escenario, la diversificación de la matriz energética en forma sostenible y sustentable se transforma en un imperativo estratégico de los países, que trasciende a fenómenos coyunturales y que empieza a disociarse del valor del petróleo. Tal como se observa en la figura 3, en el año 2000, el valor del barril de petróleo, tiene una tendencia a la baja, en tanto, la producción de etanol crece, cercano al 50%. Si bien el 70% de este crecimiento se explica por lo que aportan dos países, la entrada de otros agentes contribuye a su expansión. Algo similar ocurre con el biodiesel, pero como las escalas de producción aun son reducidas, los incrementos absolutos tienden a distorsionarse en su dimensión relativa o porcentual, para efectos de comparación.

Grafico N° 3: Producción mundial de etanol v/s precio del petróleo.



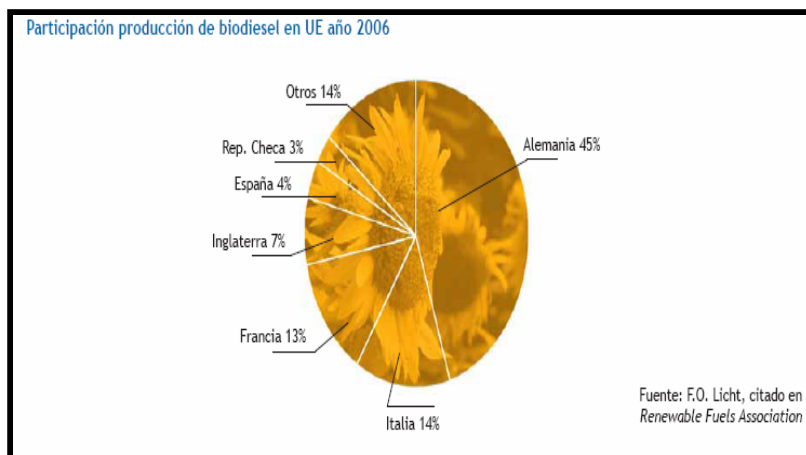
Como se observa en el grafico N° 3, entre el año 2000 y el año 2005, la producción mundial de etanol se duplicó, subió de 22 a cerca de 45 millones de metros cúbicos, mas del 100%; en tanto el porcentaje del barril de petróleo lo hizo en un porcentaje cercano al 50%. La producción mundial de etanol subió en un 12%. Es preciso indicar que el mercado mundial de la producción mundial de biocombustible se concentra en pocas naciones. Es el caso de Brasil y EE.UU. que aportan el 71% de la producción mundial. La política expansiva que ha implementado EE.UU., lo ha hecho constituirse en el principal productor mundial, como se puede observar en el grafico N° 4, rompiendo el equilibrio que mantenía con Brasil. Probablemente, con el ingreso de nuevos actores y con volúmenes considerables, como china, India y algunos países de la Unión Europea (UE), a futuro esta composición varié.

Grafico N° 4: Participación mundial del etanol.



En lo concerniente al biodiesel, la UE, es la principal productora, siendo Alemania la que concentra la que concentra más del 45% de la producción (grafico N° 5). No obstante de haber incrementado su producción en el año 2006, su participación relativa se redujo en un 7%, respecto del año 2005, cuando su contribución fue del 52%. Esta menor participación relativa se explica por el significativo incremento de la producción de biodiesel en la UE, debido a la incorporación masiva de su uso en la comunidad Europea. Según la European Biodiesel Board, el crecimiento dentro de la U E en el año 2006 respecto del 2005 fue del 90%.

Grafico N° 5: Participación del Biodiesel en la producción de la Unión Europea



Algo que caracteriza al mercado actual de la UE, es que la mayoría de los países produce para el consumo interno, supliendo sus necesidades. Este escenario se quebraría en el corto plazo al entrar en vigencia la obligatoriedad de mezcla del 5,75%, por cuanto no serian capaces de autoabastecerse. Ante ello Brasil proyecta, en un mediano plazo, convertirse en un exportador de biocombustibles, en especial de Etanol, donde tiene las mayores ventajas competitivas. En este mismo sentido, Argentina esta optando por una política exportadora de Biodiesel, en tanto, los organismos internacionales promueven su desarrollo en países en vías de desarrollo.

Los biocombustibles requieren ampliar la gama de biomasa precursora para su elaboración, ya que la actual tecnología entrega un escenario de poca diversificación y concentración. Las principales materias primas utilizadas son, para el caso del etanol, la caña de azúcar y el maíz, siendo brasil el principal productor de caña y EE.UU., de maíz. En el caso del biodiesel, se consideran como

precursores potenciales todos los aceites vegetales, siendo los mas importantes el de palma, soya, raps (canola o colza) y maravilla (girasol). Estos cuatro aceites concentran el 81% del mercado mundial.

Es importante señalar que las materias primas para producir biocombustibles son casi ilimitadas, su restricción esta dada, en esta etapa de desarrollo tecnológico, en razón de su productividad y contenidos de almidón o aceite, según sea el producto a extraer.

La tecnología vigente, denominada de primera generación, que se caracteriza por basarse en la utilización de materia prima destinada para la alimentación humana y animal, ha despertado una voz de alerta en FAO y en otras instituciones internacionales, que están promoviendo esta industria, por cuanto se han afectado los mercados de los commoditys, tanto en la oferta como en los precios. A modo de ejemplo, EE.UU. ha hecho una apuesta importante en la generación de etanol a partir de maíz, cuya consecuencia ha sido reducción de su stock y de la oferta exportable, un aumento de los precios del maíz a nivel mundial y de los suelos agrícolas; algo muy favorable para los productores de maíz pero no así para la industria alimentaria.

Estos elementos determinan que hoy se este investigando sobre nuevas fuentes para la generación de biocombustibles, como por ejemplo a partir de la lignocelulosa (tecnología de segunda generación); del uso de grasa animal y aceites reciclados, de cultivos que no compitan con los alimentos y que aprovechen suelos degradados, como son los casos de la jatropha, jojoba y otras especies, y recientemente del cultivo de microalgas. No obstante, se estima que la implementación de la mayoría de estas tecnologías requerirá entre cinco y diez años para su uso masivo. En este mismo contexto, el biogás se perfila como alternativa agroenergética interesante, por cuanto, se genera a de partir de recursos residuales disponibles.

Por otra parte el proceso de investigación y desarrollo (I+D), de la industria automotriz, mantiene una relación muy estrecha con los biocombustibles, de tal manera de desarrollar tecnología apropiada para estos nuevos Carburantes. Tampoco se han quedado al margen las grandes transnacionales petroleras en los procesos de investigación de estas alternativas energéticas.

Dado el impacto que provoca el precio del petróleo sobre las economías de los países y la oportunidad que podrían significar los biocombustibles, los organismos internacionales se hacen cargo del tema, con el fin de incorporar esta alternativa de productiva en las naciones en vías de desarrollo, favoreciendo los sectores agrícolas mas postergados, como también aquellos que deben reconvertirse por factores de competitividad. Es así como la FAO<sup>3</sup> establece su plataforma internacional de Bioenergía (IBEP); el banco interamericano de desarrollo (BID) promueve y apoya proyectos, estableciendo las energías sostenibles como centro de su agenda 2007, y la conferencia de las Naciones Unidas sobre comercio y desarrollo (UNCTAD) hace otro tanto, dentro de la política internacional. Asimismo, la UE. A través de la directiva 2003/ 30/ C definió una estrategia de promoción y uso de biocombustibles. En la actualidad, más de 35 países cuentan con una política específica para esta industria y, constantemente, se están incorporando otros.

No obstante este panorama, la organización mundial del comercio (OMC) no tiene resuelto donde enmarcar estos productos, por cuanto el Etanol lo clasifica como producto agrícola, y al biodiesel lo incluye dentro de los productos industriales. Incertidumbre que debería aclararse antes que estos se conviertan en un commodity. Esta entidad, conciente que el tema de la seguridad energética es un imperativo, sobre todo para las grandes potencias, implícitamente, ha establecido un marco que permite la acción gubernamental en el ámbito de la protección ambiental y el desarrollo regional que favorezcan el establecimiento de iniciativas destinadas a producir biocombustibles, colocando especial énfasis en aquellas que privilegien a los sectores mas postergados.

En resumen, de acuerdo al estado actual de los biocombustibles a nivel mundial, se puede concluir lo siguiente:

- Es una industria en franco desarrollo, tanto por el concepto de seguridad energética como por ser ambientalmente sustentable.
- La producción de biocombustibles (Etanol y Biodiesel) se concentra en pocos países y aunque son bienes poco transados internacionalmente, existe un fuerte interés de varias naciones por generar un mercado de exportación, como es el caso de Brasil y Argentina.

---

<sup>3</sup> Food and Agriculture Organization of the United Nations

- Los organismos internacionales están promoviendo su crecimiento, principalmente, como una alternativa para los países en vías de desarrollo. Actualmente, existen más de 35 países que han establecido un marco legal para estos fines, y constantemente se incorporan otros.
- Si bien FAO ha promovido su expansión, existe preocupación de su parte, y de otros organismos e instituciones, por la competencia con la alimentación humana y animal. Es por ello que se están incentivando la I+D en la búsqueda de nuevas materias primas, tales como joroba, ricino, jatropha y lignocelulosa, otras fuentes para el caso del biogás, el aprovechamiento de grasa animal, de aceites reciclados, y el cultivo de algas.
- La tecnología actual denominada de primera generación, que se caracteriza por el uso de biomasa que compite en parte con la alimentación, está dando pie al desarrollo de la tecnología de segunda generación, que utiliza materia prima lignocelulosa.
- El proceso de I+D de los biocombustibles está muy ligado a su homónimo de la industria automotriz, en lo que se refiere a los nuevos requerimientos de los motores que usaran estos biocombustibles.
- Dado que esta industria es muy incipiente en algunos países, la OMC no tiene resuelto el tema de las normas de comercio aplicables a ella, lo que permite ciertos espacios de utilización en el ámbito de la sustentabilidad ambiental y desarrollo regional, sobre todo cuando se favorece a sectores más postergados.

#### **4. IMPACTO DE LOS BIOCOMBUSTIBLES EN LA AGRICULTURA CHILENA**

##### **4.1. Ventajas y oportunidades.**

Chile presenta una agricultura fuertemente tecnificada y una superficie de plantación para la producción de Etanol de 110.000 hectáreas y 60.000 hectáreas en el caso de biodiesel (véase cuadro nº1), situándose en algunos rubros entre los países con mayores índices de rendimientos en el mundo. En remolacha presenta el rendimiento por hectárea más alto del mundo, al igual que en su contenido de azúcar; en Raps también exhibe un índice superior al promedio mundial; mientras que en maíz y trigo, presenta productividades promedios por sobre las de EE.UU. y Argentina, los principales productores mundiales de ambos cultivos. Por ello, el surgimiento de este uso alternativo para productos agrícolas representa una significativa oportunidad para valorar el nivel tecnológico nacional, así como para utilizar más intensivamente la tierra agrícola disponible y generar polos de desarrollo y nuevos empleos en zonas rurales menos avanzadas posible que en el futuro exista otra oportunidad, cuando se hayan desarrollado métodos más eficientes de procesamiento de la lignocelulosa para transformarla en biocombustibles, que permitan aprovechar económicamente los desechos de las cosechas forestales y agrícolas. Esto es especialmente significativo para Chile, que posee 13,4 millones de hectáreas de bosque nativo, de los cuales unos 5 millones estarían en posibilidad de ser manejados; a los que se suman aproximadamente 2 millones de hectáreas de plantaciones forestales. A lo anterior se adiciona también las oportunidades que debieran entregar las alternativas de biogás y cultivo de microalgas, que se están estudiando e investigando. Otro aspecto interesante a destacar es la amplia diversidad de instrumentos e instituciones de fomento del Estado chileno que pueden apoyar el surgimiento de esta nueva industria.

Cultivos	Superficie Potencial (ha)	Rendimiento (ton/ha)	Producción Materia Prima (ton)	Factor de Conversión (L/ton)	Producción Biocombustibles (m3)
<b>Etanol</b>					
Trigo	50.000	5	250.000	360	90.000
Avena	20.000	5	100.000	330	33.000
Maíz	30.000	15	450.000	420	189.000
Remolacha	10.000	100	1.000.000	80	80.000
<b>Total</b>	<b>110.000</b>		<b>1.800.000</b>		<b>392.000</b>
Demanda estimada al 2010 (mezcla al 5%):					<b>160.000</b>
(mezcla al 10%):					<b>320.000</b>
<b>Biodiésel</b>					
Maravilla	20.000	3	50.000	330	16.500
Raps	40.000	4	160.000	350	56.000
<b>Total</b>	<b>60.000</b>		<b>210.000</b>		<b>72.500</b>
Demanda estimada al 2010 (mezcla al 5%):					<b>250.000</b>

**Cuadro N°1. Superficie potencial para la producción de biocombustibles**

Fuente: Estimaciones de ODEPA.

#### 4.2. Limitaciones y desafíos

La principal limitación que enfrenta el país, para la producción de biocombustibles, es la escasez relativa de terrenos agrícolas cultivables.

No obstante lo anterior, esto se convierte en un desafío a futuro para el sector agrícola y forestal. La capacidad técnica y la especialización lograda por los agricultores, permitiría, con un adecuado apoyo institucional, normativo y de recursos económicos, revertir esta limitante. A nivel nacional el reto incluiría, la incorporación de nuevas y mejores tecnologías productivas, la eficiencia en la aplicación de los insumos productivos, la reducción de costos de producción y la optimización de las potencialidades productivas por unidad de superficie. Del mismo modo, se podría pensar que vastas zonas de cultivos extensivos, tales como praderas, pudiesen ser incorporadas al cultivo de materias primas para la industria de los biocombustibles. Asimismo, en la actualidad numerosas fuentes de biomasa son residuos que no están siendo utilizados como fuentes de materia prima para la elaboración de biocombustibles. Su aplicación constituye otra oportunidad, que en algunos casos podría convertirse en el origen de nuevos negocios, generando empleos y creando actividades conexas y polos de crecimiento a nivel regional.

#### 4.3. Amenazas

La mayor amenaza para el desarrollo de los biocombustibles en el país se encuentra en la posibilidad de importación de estos productos, ya que ello significaría generar un mercado con sacrificio fiscal, en términos del impuesto específico no recaudado, pero que sería aprovechado desde el extranjero. Este aspecto se debe considerar en el marco regulatorio, acorde con los compromisos contraídos con la OMC y los Acuerdos Comerciales suscritos por Chile, a fin de normar la entrada de los biocombustibles y sus precursores, para que no se produzca el efecto señalado. De no mediar una regulación al respecto, la dimensión del mercado nacional es una amenaza potencial a la política de inclusión, dado que se tendería a una mayor concentración de la propiedad agrícola, como consecuencia de las economías de escala que se generarían en la producción de estos rubros. Para evitar esto será necesario utilizar instrumentos de fomento con discriminación positiva hacia la AFC, como lo permite en la práctica la OMC. Otra amenaza latente, es la posibilidad de generar una concentración de la industria procesadora, por la misma razón anterior, colocándola en una posición mono u oligopsónica, un proceso que pudiera ser autodestructivo, por cuanto, en este caso, los productores agrícolas podrían emigrar a otros rubros, si las condiciones son desfavorables, afectando con ello al abastecimiento industrial y limitando, por extensión, el poder comercial a largo plazo de las plantas de elaboración de biocombustibles y con ello su sobrevivencia.



#### 4.4. Áreas de Investigación

En este ámbito existen numerosas líneas potenciales de investigación relacionadas con los biocombustibles, que son necesarias desarrollar e innovar en el país, a través de los institutos tecnológicos y universidades nacionales, con el objeto de reducir la dependencia de los procesos tecnológicos externos. En este sentido, la Fundación para la Innovación Agraria (FIA) debiera ser la institución del Ministerio de Agricultura que articule y coordine los esfuerzos de las distintas entidades de I+D en la identificación de prioridades, así como en la obtención y asignación de recursos nacionales e internacionales. Las áreas identificadas como prioritarias para la investigación, innovación y desarrollo de los distintos tipos de biocombustibles en Chile son:

**4.4.1. Producción de materias primas:** En esta categoría existen diversos aspectos que pueden y debieran ser explorados, tales como:

- *Cultivos tradicionales:* Utilización de biotecnología para el mejoramiento de los rendimientos de las especies tradicionales en la fase de aplicación de tecnología de primera generación para etanol y biodiesel, así como para la reproducción de variedades resistentes al frío, sequía, aridez y salinidad, entre otras características, principalmente. Cultivos no tradicionales: Introducción de especies y variedades poco utilizadas o inexistentes en Chile para la generación de biodiesel y etanol, mediante cultivos que incorporen zonas marginales o actualmente improductivas como las zonas áridas del norte y de secano del sur del país, asegurando la sustentabilidad de los mismos.
- *Cultivos de algas:* A nivel internacional ya existen desarrollos tecnológicos para obtener biodiesel de algas y posiblemente etanol. Constituye una importante posibilidad de aprovechar el extenso litoral y exposición solar que posee el país. Por otra parte, son cultivos que capturan dióxido de carbono en rotaciones muy cortas. Con cultivos experimentales de algas en piletas ubicadas en zonas áridas y semiáridas, se han logrado producciones de hasta 20 m<sup>3</sup>/ha/año de biodiesel.
- *Reciclado de aceites usados y grasas:* Es más importante para la disposición de residuos y desechos que para la producción de biocombustibles, ya que su volumen es pequeño dentro del mercado nacional. Gasificación anaeróbica de biomasa: Obtención de metano por descomposición anaeróbica de biomasa para la coproducción de calor y energía eléctrica, mediante combustión directa en motores de diversa potencia. Gasificación de biomasa lignocelulósica: Desarrollo de biocombustibles de segunda generación a partir de la biomasa lignocelulósica, denominado "Biomasa a Líquido" (BTL). En la actualidad, se utiliza este proceso a nivel de plantas pilotos, mediante el cual a partir del gas de síntesis, obtenido de la biomasa y la utilización de catalizadores de última generación, se obtienen combustibles líquidos como el etanol y biodiesel. Dicho proceso denominado Fischer-Tropsch se está aplicando en Alemania y Canadá.
- *Biolubricantes:* Aunque no son biocombustibles, pueden sustituir lubricantes minerales mediante la utilización de aceites vegetales y grasas animales de calidad inferior con respecto a los requerimientos de los biocombustibles.

**4.4.2. Procesos de elaboración de biocombustibles:** Si bien en Chile existe un nivel de desarrollo de investigación aplicada, pública y privada, ésta se ha centrado en la producción de pequeños volúmenes y/o proyectos pilotos para generar biocombustibles a partir de cereales, oleaginosas, aceites usados y grasas animales. En cambio, hay escasa investigación sobre los biocombustibles de material lignocelulósico mediante gasificación y catalizadores, como también es casi nula en el tipo de las microalgas. De lo anterior se desprende la necesidad de investigar en ciertos ámbitos de los procesos productivos:

- *Procesos de extracción de etanol:* Podrían optimizarse los procesos de extracción, por ejemplo de etanol a partir de biomasa lignocelulósica, y mejorar la extracción de la materia prima una vez prensada. La I+D+I puede basarse en aplicaciones de ingeniería química, mediante enzimas y microorganismos para fermentación, entre otros aspectos.
- *Transesterificación:* La producción de biodiesel mediante el proceso de transesterificación es sencilla y barata. No obstante, se requiere mucha investigación e innovación para aumentar su eficiencia, reducir residuos y mejorar el aprovechamiento de la glicerina, reduciendo costos. En este ámbito se podría promover un amplio desarrollo privado y público que de respuesta tecnológica a lo señalado. Catalizadores: Como el metanol, son importantes para

los procesos de transesterificación y, principalmente, para la producción de BTL. La I+D+I debería concentrarse en la reducción de los costos relacionados con el consumo de energía necesaria para la presión, temperatura y materiales del equipamiento industrial. Demanda de agua y disposición de residuos: Los procesos disponibles para la elaboración de biocombustibles son altamente demandantes de agua y podrían investigarse métodos económicos de reciclaje y reducción de uso de este elemento. En ciertos casos, los residuos de la elaboración de biocombustibles generan problemas para su disposición final o reciclaje, como es el caso de las vinazas derivadas del etanol, y la glicerina de baja calidad y aguas residuales de la elaboración de biodiesel. Es necesario avanzar en procesos de producción más limpia. Análisis de las posibilidades y proyecciones de la producción de biodiesel a partir de microalgas: Esta tecnología no es de larga data, pero está adquiriendo un interés muy importante. Chile tiene amplias posibilidades con esta alternativa, trabajando asociado a investigadores o empresas extranjeras.

- Desde el punto de vista del sector silvoagropecuario nacional, la producción de biomasa, excluyendo la destinada a la alimentación humana y animal, puede ser utilizada en la producción de biocombustibles sólidos, líquidos y gaseosos de primera y de segunda generación. Según la Ley N° 20.257<sup>4</sup> (Diario Oficial del 01.04.2008), un medio de generación renovable no convencional sería aquél cuya fuente de energía primaria es la biomasa, materia orgánica biodegradable que puede ser usada directamente como combustible o convertida en otros
- *Combustibles líquidos, sólidos o gaseosos:* Existen entonces diversas materias primas potenciales para producirlos (véase cuadro N°2).

---

<sup>4</sup> Introduce modificaciones a la Ley General de Servicios Eléctricos respecto de la generación de energía eléctrica con fuentes de energías renovables no convencionales.

Biocombustibles sólidos: leña, pellets, briquetas		
Desechos de la industria forestal		
Desechos de la industria del mueble y de la madera		
Cultivos dendroenergéticos		
<i>Biocombustibles líquidos: etanol, metanol, biodiésel:</i>	Etanol:	Cereales: maíz, trigo, avena, cebada
		Papa
		Remolacha
		Nabo forrajero
		Biomasa forestal y sus subproductos
		Residuos lignocelulósicos de cosechas y de agroindustrias
		Suero de leche
	Biodiésel:	Aceites de oleaginosas: cártamo, linaza, maravilla, raps, ricino, jojoba, jatropha; de algas y otras especies
		Aceites reciclados
		Grasa animal
	Biocombustible gaseoso: biogás (metano)	Purines de la actividad ganadera, porcina y avícola
		Suero de leche
		Desechos de mataderos
		Residuos agrícolas, mercados mayoristas
		Residuos agroindustriales y vitivinícolas
		Residuos urbanos residenciales e industriales
		Plantas de tratamiento de aguas servidas y vertederos
	Residuos lignocelulósicos	

**Cuadro Nº2. Materias primas utilizadas en la producción de Combustibles.**

*Fuente: Elaboración Propia.*

Con un alto componente regional, entre otras fuentes de biomasa, los cultivos anuales, las plantaciones forestales, el uso sustentable del bosque nativo, la explotación de algas y la utilización de residuos agrícolas y agroindustriales, amplían el horizonte del sector agrícola para constituirse en un abastecedor a largo plazo seguro, confiable y sostenible de materias primas para la elaboración de distintos biocombustibles.

## 5. ANÁLISIS DE PRECIOS

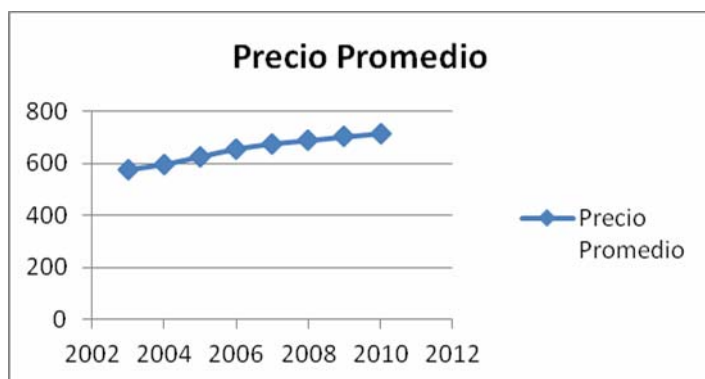
Al intentar hacer una comparación sobre la acogida del consumo entre el diesel y el biodiesel, sólo es necesario revisar sus precios, dado que para usar biodiesel no es necesario modificar maquinarias que actualmente usan diesel. El precio del diesel a la salida de la refinería es sólo un 69,7% del precio que paga el consumidor, es decir 0,623 US\$/lt. No existe actualmente legislación sobre los recargos que se aplicarán al biodiesel, pero no deberían aplicarse los fuertes recargos que se aplican a los hidrocarburos, pues este combustible alternativo no es de origen fósil. Además el gobierno se muestra interesado en el desarrollo de energías renovables, que se demuestra en los fondos concursables que se reparten cada año. En el año 2009 se aprobaron 56 proyectos para la generación de energía a partir de fuentes eólicas, hidráulicas, geotérmicas y biomasa. Y para este año entregará US\$ 2 millones para la realización de estudios o asesorías para la etapa de pre-inversión, fondos que podrían aprovechar las empresas para aminorar la inversión inicial y tener un precio más competitivo en el mercado. Si el gobierno es consecuente con su esfuerzo por desarrollar estas fuentes, no debería, por lo menos en un principio, aplicar impuestos específicos.

En el caso de que el gobierno apoye el desarrollo del biodiesel y no aplique impuestos específicos, se puede hacer una comparación utilizando los precios mayoristas de ENAP<sup>5</sup> al 22 de mayo de 2010 y los costos para el biodiesel anteriormente calculados.(ver cuadro n°3).

Comparación precios a las distribuidoras (2010)		
	Diesel	Biodiesel
<b>PRECIO EN REFINERIA</b>	0,623	0,613
<b>+Impuesto específico diesel (12,2%)</b>	0,699	0,613
<b>+ IVA</b>	0,832	0,729

**Cuadro N°3. Comparación precios diesel-biodiesel**  
Fuente: Elaboración propia.

Claro que esta relación de precios tiene una variación diaria. En los últimos meses se aprecia una constante alza en el informe semanal de precios diesel mayorista que entrega ENAP. Es importante destacar que el precio en refinerías es semejante tanto para el Diesel como para el Biodiesel, pero cuando consideramos que a este último no se aplica el impuesto, el biodiesel se convierte en una opción definitivamente más conveniente. En el gráfico se observa que desde el año 2002 hasta la fecha el precio del diesel está creciendo aceleradamente, por lo que si se comercializara en este momento el biodiesel sería una buena opción para los industriales. Claro que en el futuro el precio del diesel puede alcanzar límites impensados, pero la ventaja del biodiesel es que presenta un precio más estable, teniendo la posibilidad de realizar contratos con las distribuidoras.



**Gráfico N°6. Evolución precios diesel mayorista ENAP**  
Fuente: elaboración propia, ENAP.

<sup>5</sup> Empresa Nacional del Petróleo en Chile

Suponiendo un precio de diesel por sobre el límite anteriormente establecido y que la asociación ENAP-IANSA<sup>6</sup> produjera la cantidad máxima de hectáreas previstas, entonces se podría comercializar 55 millones de litros de biodiesel, lo que significaría que se podría reemplazar un 14,56% del diesel que actualmente están usando las empresas.

## **6. CONCLUSIONES**

El biodiesel es una buena alternativa ante los últimos aumentos que ha experimentado el precio del diesel. Además, tiene la ventaja de ser un combustible más limpio y renovable. Sin embargo, no se puede pensar que a futuro se logre reemplazar todo el diesel necesario en la industria debido a que la superficie cultivable es limitada en comparación a la alta demanda que presenta este combustible.

En la actualidad, el biodiesel puede aspirar a un pequeño porcentaje de la matriz energética del país, con precios competitivos respecto al diesel y ayudando a la aspiración de tener una mayor cantidad de fuentes energéticas renovables. Sin embargo, para que esto sea posible, se deben dar estímulos para que pequeñas industrias adopten este combustible como alternativa y para que otras que utilizan aceites vegetales reciclen sus desechos produciendo biodiesel para vender o utilizar en sus procesos. Además, es importante que este combustible renovable no sea gravado de la misma forma que los combustibles fósiles, ya que de esta manera no sería competitivo.

Es importante destacar que en Chile aún no existen estudios ni experiencia en la producción de biocombustibles, recién se está comenzando a hacer estudios de pre-factibilidad técnica, por lo tanto los datos de los costos de producción pueden variar sustancialmente a los de las experiencias internacionales. Es deseable que sean menores que los utilizados en este análisis, para que así los precios sean más competitivos en el mercado nacional. Otra limitación del análisis, es que no se tuvo en cuenta los otros productos derivados del proceso de producción, tales como la glicerina, cuya comercialización podría hacer más atractivo el negocio.

Como reflexión final, en vista de los últimos acontecimientos en el país de falta de suministro de energía, los empresarios deberían tener en cuenta la opción de tener una fuente de energía más cara, pero segura en suministro (en relación al gas natural) y más estable en precios (en relación al diesel).

---

<sup>6</sup> Industria Azucarera Nacional Sociedad Anónima.

## 7. BIBLIOGRAFIA

- Juan Ladrón de Guevara, 2006. Desarrollo de los biocombustibles en Chile: Visión de CONAMA, Dpto. Planificación, Presupuesto e Información, CONAMA.
- Comisión Nacional de Energía: balances energéticos, estadísticas hidrocarburos, gas natural e informe diario de recortes de gas natural. <http://www.cne.cl>
- Superintendencia de Electricidad y Combustibles <http://www.sec.cl>
- Empresa Nacional del Petróleo, registro semanal de precios. <http://www.enap.cl>
- Diario La Segunda, "El "calvario" de las industrias que ocupan gas natural"  
[http://www.lasegunda.com/edicionimpresa/edicionesanteriores/detalle/detalle.asp?idnoticia=0220052004301S0360153&from=d&fecha\\_elegida=20/05/2004](http://www.lasegunda.com/edicionimpresa/edicionesanteriores/detalle/detalle.asp?idnoticia=0220052004301S0360153&from=d&fecha_elegida=20/05/2004)
- Tabla de conversión combustibles. <http://www.metrogas.cl>
- Pablo Lecaros, Hero Morales. 2009. Biocombustibles en Chile, Publicación Electronica. PUC.
- Revista del Campo, 24 de abril de 2006, Felipe Lyon, Gerente General de Iansa: "Es factible producir biocombustibles".  
<http://www.chilealimentos.com/asociacion/prensa/notchileA2006/Abril2006/10.act>
- La Nación, Argentina: "Combustibles alternativos biodiesel: sustituye al gasoil y es más ecológico"  
<http://www.purorally.com/foro/viewtopic.php?p=14382>
- Municipalidad de Necochea, Argentina: "Informe técnico Planta generadora de biodiesel"  
<http://www.necochea.gov.ar/biodiesel.html>
- CEPAL. El mercado de carbono en América Latina y el Caribe: balance y perspectivas, <http://www.cepal.org/> (Revisado el 10-12-2009).
- Base estadísticas, CEPAL. <http://websie.eclac.cl/sisgen/ConsultaIntegrada.asp>
- Circular N° 30 del 16 de mayo del 2007. Servicio de Impuestos Internos.
- Cosechado 2005, Subsecretaría de Pesca.  
[http://www.subpesca.cl/template/tablas\\_chicas/04.asp?IDSECCION=146&b=Netscape](http://www.subpesca.cl/template/tablas_chicas/04.asp?IDSECCION=146&b=Netscape)
- CNE (Comisión Nacional de Energía). 2008. Estadísticas. Gobierno de Chile. Fechas de consulta, noviembre de 2006 y julio de 2008. Disponible en: [http://www.cne.cl/estadisticas/f\\_estadisticas.html](http://www.cne.cl/estadisticas/f_estadisticas.html)
- COTRISA (Comercializadora de Trigo S.A.). 2006. Santiago de Chile. Fecha de consulta noviembre de 2006. Disponible en: <http://www.cotrisa.cl/>
- EIA (Energy Information Administration). 2007. Petroleum U.S. Data. U.S. Department of Energy. Fecha de consulta enero de 2007. Disponible en: <http://www.eia.doe.gov/>
- ENAP (Empresa Nacional del Petróleo). 2007. Precios y Mercados. Fecha de consulta, enero de 2007. Disponible en: <http://www.enap.cl/>
- FAO (Food and Agricultural Organization of United Nation). 2008. Bosques y energía cuestiones claves. Casa M. (ed). Roma. 69 p. Disponible en: <ftp://ftp.fao.org/docrep/fao/010/i0139s/i0139s00.pdf>
- Ferchau, E. 2000. Equipment for decentralised cold pressing of oil seeds. Folkecenter for Renewable Energy. Hurup Thy, Dinamarca. 64p.

- INE (Instituto Nacional de Estadísticas). 2008. Estadísticas de Precios. Gobierno de Chile. Fecha de consulta julio de 2008. Disponible en: [http://www.ine.cl/canales/chile\\_estadistico/estadisticas\\_precios/estadisticas\\_precios.php20](http://www.ine.cl/canales/chile_estadistico/estadisticas_precios/estadisticas_precios.php20)