



### **Primero, una definición**

El biodiesel es un combustible elaborado a partir de aceites vegetales (de soja, de algodón, de girasol, de maíz) o grasas animales (sebo, tocino), apto para su empleo como sustituyente parcial o total del gasoil en motores diesel, sin que resulten necesarias conversiones, ajustes o regulaciones especiales del motor. Técnicamente consiste en ésteres monoalquílicos de ácidos grasos de cadena larga derivados de lípidos naturales. La Agencia de Protección Ambiental (EPA/EE.UU.) lo tiene registrado para utilización como combustible puro (100% de biodiesel, o B100), como mezcla-base (con 20% de biodiesel y el resto de gasoil, B20), o como aditivo de combustibles derivados del petróleo en proporciones del 1 al 5%.



### **Técnicamente, ¿en qué se diferencia el biodiesel del gasoil convencional?**

En que es un combustible obtenido mediante un proceso sustentable a partir de materias primas vegetales renovables, con lo que difiere de los derivados del petróleo, que dependen de reservorios fósiles no renovables. Por ello se dice que el biodiesel tiene un efecto benéfico sobre el ciclo del carbono. En efecto, la combustión libera a la atmósfera dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), elemento que se asocia al "efecto invernadero". Pero ese CO<sub>2</sub> es a su vez fijado por los vegetales, que lo utilizan como materia prima para construir sus tejidos. Por lo tanto, es posible cuantificar el "crédito" ambiental de un combustible de base renovable calculando cuánto CO<sub>2</sub> fija una plantación de oleaginosa determinada, y comparándolo con el CO<sub>2</sub> que genera la combustión del biodiesel que se puede fabricar con esa misma plantación. Cualquiera sea este "crédito ambiental" (que dependerá del tipo de oleaginosa, del proceso de fabricación del biodiesel y de la eficiencia de combustión de los motores) siempre será mayor que el de un combustible fósil que, por su propia naturaleza, sólo genera gases de combustión sin que en su proceso de fabricación aparezca una fase agrícola de fijación de carbono. De hecho, esta consideración de las externalidades de los distintos tipos de combustible es el fundamento más importante de las políticas energéticas a corto plazo de la Unión Europea, que han fijado como meta para el año 2003, dentro de un esquema de utilización de distintas fuentes renovables de energía, la producción de 5 millones de toneladas de biocombustibles líquidos (sobre todo, bioetanol, pero también biodiesel).

Un complemento del mínimo impacto ambiental que produce el biodiesel y que lo distingue del gasoil, es que no contiene algunos elementos indeseables presentes en distinta proporción en los combustibles convencionales (azufre y compuestos orgánicos aromáticos), por lo que su impacto ambiental se reduce adicionalmente al "crédito" previamente mencionado.

Además, frente al gasoil, presenta las ventajas de casi no afectar el torque, ni la potencia, ni el consumo de los motores. Como si esto fuera poco, posee un punto de ignición mayor (lo que reduce el peligro de explosiones por emanación de gases durante el almacenamiento); un índice de cetano promedio de 55; una mayor lubricidad (que favorece el funcionamiento del circuito de alimentación y de la bomba de inyección).

### **Estado actual de la tecnología de producción del combustible**

Es una tecnología madura, capaz de aprovechar diversas materias primas, que ha alcanzado nivel comercial en muchos países desde su inicio en pequeñas cooperativas de productores a fines de la década del '80.

Europa Occidental lidera esta tecnología, con una producción anual de 330.000 ton (1998), seguida de Europa Oriental, con casi 50.000 ton en el mismo año. Asia y Estados Unidos mantuvieron una situación más expectante al principio, pero desde 1997 comenzaron a incrementar su producción de manera que, en 1998, ya alcanzaron un nivel cercano a las 40.000 y 30.000 ton/año, respectivamente.

Como ejemplo de la madurez aludida pueden mencionarse dos de las plantas industriales de gran tamaño que se encuentran en producción continua desde mediados de los '90, sobre la base del aceite de girasol: una en Livorno, Italia, con una capacidad instalada de 80.000 ton/año, y la otra en Rouen, Francia, cuya producción de 120.000 ton/año la convierte en la

mayor del mundo. En Kentucky (EE.UU.), la Griffin Industries ha montado la más moderna planta actual de biodiesel, que emplea aceite de soja como materia prima, demostrando que, a pesar de una década de desarrollo a escala industrial, aún quedan alternativas para la optimización del proceso.

Tamaño y perfil del mercado argentino de combustibles; posibilidades para el biodiesel  
Según la Secretaría de Energía de la Nación, en 1999 se comercializaron 12,65 millones de metros cúbicos (m<sup>3</sup>) de gasoil, con lo cual este combustible constituyó el 50,6% de los despachos a plaza de combustibles derivados del petróleo.

El mercado está concentrado, ya que casi el 92% de la facturación corresponde a 4 empresas, de las cuales la líder es Repsol-YPF, con un 45% de market share (porcentaje de facturación de la empresa respecto de la facturación total de su segmento industrial). Este nivel de monopolio, sumado a la inelasticidad de la demanda, implica un alto grado de discrecionalidad en la fijación de los precios (en teoría, limitada por los precios internacionales, aunque en la práctica dicha limitación no es muy operativa por las restricciones logísticas que debe enfrentar un importador: disponibilidad de puertos, sistemas de transporte y almacenamiento, organización de una cadena de distribuidores y bocas de expendio a consumidores finales). Este margen de discrecionalidad en la fijación del precio es una barrera importante de ingreso al mercado para un eventual oferente de un combustible alternativo como el biodiesel, al menos en un esquema de competencia libre. Distinto es el caso si se piensa en alteraciones del mercado, como cuando, durante la vigencia del Plan Alconafta en la Argentina, se impuso legalmente en muchas provincias la obligatoriedad de vender exclusivamente naftas con el 15% de etanol.

La demanda también está concentrada: el transporte de cargas se lleva el 41% (cerca de 5 millones de m<sup>3</sup> anuales de gasoil), y el sector agropecuario "tranqueras adentro" constituye el 37% de la demanda. El resto, es decir un 22% del consumo, se distribuye entre los automotores diesel utilitarios y de uso particular (14%), y el transporte urbano e interurbano de pasajeros (8%).

### **¿Cómo es la estructura de costos del gasoil y cuál sería el precio del biodiesel en las mismas condiciones?**

Sobre un precio mayorista promedio de 0,26 \$/l (dependiente en teoría del costo del barril de petróleo, aunque en la práctica cuando éste baja, dicho descenso no se refleja en el precio de los combustibles al público), el gasoil suma una carga impositiva de alrededor de 0,18 \$/l entre ingresos brutos (variable según la provincia), IVA e Impuesto a la Transferencia de Combustibles, más un costo de distribución (flete más margen comercial de las estaciones de servicio) del orden de 0,04 \$/l, para llegar al consumidor final a un precio cercano a 0,50 \$/l. Con la misma estructura de costos, el biodiesel, con un valor comercial de 0,50 \$/l a la salida de planta, soportaría una carga impositiva de 0,235 \$/l y costos de distribución de 0,12 \$/l, para llegar al público a un precio de 0,855 \$/l, es decir, un 70% más caro que el gasoil. Por su parte, una mezcla B20, en estas condiciones, tendría un precio formado por el 80% del correspondiente al gasoil y el 20% del correspondiente al biodiesel, es decir 0,57 \$/l, un 14% por encima del precio promedio actual de un combustible de prestación equivalente. Por lo tanto, el ingreso del biodiesel al mercado no puede sustentarse en una ventaja de precio al consumidor, al menos en un esquema que no incluya desgravaciones impositivas o subsidios a los consumidores.

Para entender esta cuestión puede tomarse un ejemplo: el transporte de cargas demanda 5 millones de m<sup>3</sup> de gasoil/año, equivalentes a \$ 2.500 millones anuales al costo promedio de 0,50 \$/l. Si todo el sector debiera abastecerse de B100, el gasto en combustible se elevaría a \$ 4.275 millones anuales al costo promedio de 0,855 \$/l. Si se optase por la mezcla B20, el gasto del sector en combustible sería de \$ 2.850 millones anuales al costo promedio de 0,57 \$/l. Entonces, en el mejor de los casos (la utilización de B20), el sector de transporte de cargas debería absorber con su margen de ganancia una diferencia de \$350.000.000 por año, o bien trasladar el incremento al consumidor (\$ 2,50 cada 100 Km recorridos, algo así como un peaje adicional). El escenario menos probable sería el de asignación de un subsidio corrector del desfasaje por parte del Estado, sobre la base de consideraciones de impacto ambiental como las que sustentan el empleo de biocombustibles en algunos países europeos.

### **¿Cómo se fabrica el biodiesel?**

Mediante un proceso químico denominado transesterificación catalítica de glicéridos, en el cual

se hace reaccionar aceite vegetal o grasa animal con un alcohol de bajo peso molecular (metanol o etanol), en presencia de un catalizador adecuado, a baja presión y temperatura. Como consecuencia de la reacción se genera biodiesel con un rendimiento de conversión del 98% y, como subproducto principal, glicerina.

Debe destacarse que el biodiesel utiliza los aceites como materia prima, es decir que no se trata de un coproducto adicional de una aceitera ni tampoco de un proceso para aprovechar los desechos de esa industria. En consecuencia, el precio del biodiesel depende tanto del proceso de obtención como del precio del aceite que se emplea como materia prima.

En teoría, una empresa aceitera que monte en su predio una planta para elaborar biodiesel podría decidir qué porcentaje de su producción comercializa en el mercado del aceite y cuánto destina al mercado de los combustibles, en función de los precios relativos y las demandas de ambos mercados. En la práctica, la cuestión se complica un poco porque la cultura comercial de una empresa aceitera, estructuralmente exportadora (la Argentina exporta más del 90% de su producción anual de aceite), no es directamente transferible al rubro energético, orientado sobre todo al mercado local (especificaciones del producto, volúmenes de la demanda, sistemas de almacenamiento y transporte, canales de distribución, barreras de ingreso al mercado, etc.).

Además, orientar la producción de la empresa al rubro de biodiesel implica una decisión estratégica de inversión significativa: debe tenerse en cuenta que se trata de la fabricación de un commodity, es decir, de un producto de grandes volúmenes y bajo precio unitario, y por ello muy sensible a las economías de escala. Al respecto, cabe mencionar que el costo de instalación (battery limits) de una planta industrial para elaborar biodiesel a partir de aceites vegetales puede oscilar entre U\$S 450 por cada ton/año de capacidad instalada -para plantas de pequeño tamaño relativo (es decir, unos \$ 4.500.000 para una planta del orden de las 10.000 ton/año de biodiesel)- y U\$S 150 por cada ton/año de capacidad instalada para las de gran tamaño (o sea, alrededor de \$15.000.000 para una instalación capaz de producir alrededor de 100.000 ton/año de biodiesel). Si en lugar de los battery limits asociados a una planta aceitera existente, la fábrica de biocombustible debe construir grass roots (área de proceso, tanques de almacenamiento, servicios auxiliares, oficinas, laboratorios, terrenos, etc.) los valores citados se duplican.

### **¿En base a qué materias primas puede organizarse la industria argentina del biodiesel?**

Como se ha mencionado, el biodiesel puede fabricarse a partir de aceites vegetales o de grasas animales, inclusive de baja calidad. Sirva de ejemplo el caso de la cadena McDonald's en Austria, en cuyos 135 restaurantes recolecta anualmente 1.100 ton de aceite de freír usado, las que recicla transesterificándolas a ésteres metílicos de ácidos grasos (en otras palabras, biodiesel), combustible empleado luego en el transporte público de la ciudad de Graz. No se dispone de datos respecto de los costos de este biodiesel, aunque en la ecuación económica global la firma quizás incluya un objetivo de posicionamiento de la marca en una Europa muy consciente de las cuestiones ambientales, con lo que absorbe los costos "hundidos" (por ejemplo, los de recolección del aceite reciclado) imputándolos a publicidad para llegar a un precio de venta competitivo del biocombustible elaborado.

Empero, aparte de casos especiales como el descrito, en la práctica, el único sector industrial que está en condiciones de proveer materia prima con los requisitos técnicos mínimos (estabilidad, residuo carbonoso de Conrad, etc.) en los volúmenes demandados para uso extendido y continuo por un mercado masivo como el de combustibles, es la industria de oleaginosas.

En 1998, la Argentina produjo 4,9 millones de ton (Mton) de aceites vegetales, de los cuales se exportaron poco más de 4 Mton. Esta producción se apoyó fuertemente en la soja y en el girasol (2,7 y 2 Mton de aceite, respectivamente). El 4% restante se distribuyó entre lino, maní y algodón.

Para completar el análisis es necesario cuantificar el rinde en biodiesel de las distintas oleaginosas, estimar un porcentaje de mercado a captar como objetivo, calcular el tonelaje de materia prima requerido para satisfacer ese objetivo y contrastar ese valor con la situación agrícola actual.

Por ejemplo, se estima que, por ton de soja, se obtienen unos 180 litros de biodiesel. Por otra parte, el consumo de gasoil en el país es del orden de 13 millones de m<sup>3</sup> /año. Además, según se ha visto, la alternativa más probable de inserción de biodiesel en el mercado de combustibles (al menos en una primera etapa, y con los precios actuales), sería el de su uso en mezclas B20. De estos parámetros resulta que, para satisfacer la demanda potencial máxima

para este escenario, es decir 2,6 millones de m<sup>3</sup>/año, se deben destinar a este fin unos 14,5 Mton anuales de soja. Este volumen representa el 72,5% de la producción sojera estimada para la campaña 1999/2000 y, a los rindes promedio de esa campaña, involucra algo más de 6 millones de ha sobre un total de 8,4 millones de ha sembradas con este cultivo.

Debe señalarse, también, que la decisión de derivar esa cantidad de soja a la elaboración de biocombustible implicaría resignar la alternativa de exportación de aceites y harinas por el volumen equivalente u, opcionalmente, casi duplicar el área sembrada para satisfacer, al mismo tiempo, el mercado actual del grano y sus subproductos y el mercado potencial de biodiesel.

Desde el punto de vista macroeconómico, se debe también contrastar el ingreso por ventas que se obtendría del aceite generado por cada ton de soja (alrededor de \$65 a los valores de abril/2000) con el correspondiente al biodiesel respectivo (\$90 a 0,50 \$/l). Esto deja un margen de \$25 para pagar los costos de conversión aceite/biodiesel más la utilidad empresarial por cada ton de soja procesada. Este número sirve como guía básica para evaluar la viabilidad económica preliminar del emprendimiento.

### **¿Cuánto cuesta producir biodiesel?**

Una primera referencia puede ser la historia de las tratativas para implementar una prueba piloto en la Argentina, en 1997, para lo cual se debían importar 10.000 galones de biodiesel. La cotización inicial de 3,19 U\$S/galón (0,84 \$/litro) no pudo ser mantenida debido al incremento de precios del aceite de soja a emplear como materia prima (mostrando el impacto significativo que tiene el costo de materia prima sobre el precio de este biocombustible), y subió un 27%, hasta 4,06 U\$S/galón (1,07 \$/l), para el cargamento que llegó al puerto de Buenos Aires en octubre de 1997.

Un enfoque más sistemático del costo de producción del biodiesel es el estudio de factibilidad que, en 1996, el INTA y la American Soybean Association realizaron para una planta elaboradora de biodiesel a partir de soja, asociada a una planta aceitera con una capacidad de molienda de 182.500 ton/año de soja, la que se destina en su totalidad a la producción de biocombustible líquido.

Resulta de esta manera una capacidad de producción de 33.000 ton/año de biodiesel, y se requiere una inversión de \$ 6.000.000 para el montaje de la planta de proceso (independiente de la planta aceitera) cuya materia prima es el aceite y genera como coproductos, además del biodiesel, 3.400 ton/año de glicerina y 430 ton/año de ácidos grasos. Estos materiales se venden a 1,80 \$/l y 0,50 \$/l, respectivamente, generando un crédito de subproductos que permite bajar contablemente el costo de producción del biodiesel.

Este costo es muy sensible al de la materia prima principal (el aceite de soja en este caso). Si se toma el precio vigente a abril de 2000, 360 \$/ton, resulta un costo de producción del biodiesel de soja de 0,42 \$/l, que se eleva a 0,50 \$/l al sumarle un 20% de ganancia comercial para la empresa elaboradora. Este precio de 0,50 \$/l en la puerta de la planta es el que se utilizó antes para estimar el costo al público de B100 y B20. Si se toma el máximo histórico de cotización del aceite de soja -670 \$/ton en mayo de 1998-, resulta un precio de biodiesel en puerta de planta de 0,95 \$/l. Si se considera el mínimo histórico de cotización del aceite de soja -200 \$/ton como promedio del año 1985-, resulta un precio de biodiesel en puerta de planta de 0,28 \$/l. Esta gran dependencia respecto del costo de la materia prima puede entonces hacer oscilar el negocio entre: a) una competencia de precios en mercado libre para precios muy deprimidos del aceite; b) un requerimiento imprescindible de desgravación impositiva o de subsidio a los sectores de la demanda para compensar los mayores costos de combustible si se toman en cuenta los niveles actuales de precio, o c) la quiebra empresarial si se disparan los precios hacia los niveles de 1998.

### **¿Qué conclusión general se desprende de lo expuesto?**

Si bien el precio de la materia prima tiene un impacto sustancial sobre el costo de producción del biodiesel, otros factores a evaluar en un estudio de factibilidad más general deberían ser, desde el punto de vista del proceso: 1) los rendimientos a partir de otras oleaginosas; 2) el empleo, como materia prima, de aceites de elevada acidez que habitualmente no pueden ser comercializados, y por lo tanto tienen un costo mucho menor; 3) el diseño del proceso de manera que pueda aceptar indistintamente diversas materias primas con un rango mínimo de estandarización, de tal forma que se pueda optar por una u otra según los precios de mercado para usos alternativos; 4) las economías de escala que se pueden alcanzar con distintos

tamaños de planta, las inversiones requeridas para desarrollar el sector; etc.  
No menos importante para la consideración global del tema son las externalidades, tales como: la generación de empleo y la demanda de mano de obra (tanto industrial en forma directa, como rural y del sector "servicios" en forma indirecta); el impulso para la extensión de la frontera agropecuaria, inclusive sobre la base de tierras marginales que puedan sustentar cultivos denominados "agroenergéticos"; la explotación del concepto de biocombustible "limpio" desde el punto de vista ecológico, como argumento de exportación a países del primer mundo; la segmentación del mercado consumidor procurando definir nichos en los que se valoricen las ventajas competitivas del producto (por ejemplo, explotar la característica de excelente biodegradabilidad para ingresar al mercado de los combustibles náuticos usados en ríos, lagos y represas de los que se toma el agua potable), con el doble propósito de definir una estrategia de penetración y relativizar la desventaja comparativa de precios; etc.

Por el Ing. Gerardo López, profesional del Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas ([CONICET](#)) en el Instituto de Desarrollo y Diseño ([INGAR](#)), y docente-investigador en la Facultad Regional Santa Fe ([FRSF](#)) de la Universidad Tecnológica Nacional ([UTN](#)).  
Adaptación: Lic. Enrique A. Rabe (ACS/[CERIDE](#)).

© [INGAR](#) - [CERIDE](#)

