

# BIODIESEL

Cultivando Combustibles Alternativos



**Y**a a principios de la década de 1990, los agricultores estadounidenses tomaron nota de la primera Guerra del Golfo, los precios crecientes de la energía, un gigantesco exceso de aceite de soya guardado en estanques a lo largo del país, y vieron una oportunidad. El aceite de soya, razonaron, podría refinarse para hacer biodiesel, una fuente de combustible alternativo. En Europa —donde el combustible diesel propulsa la mitad de toda la flota de vehículos— el biodiesel estaba siendo producido en cantidades industriales empleando aceite de semilla de raps. ¿Por qué no hacer lo mismo con el aceite de soya —preguntaron los agricultores—, y convertir los excedentes existentes en un artículo de energía de primera necesidad?

La idea prendió; en 1992, se formó el Consejo Nacional para el Desarrollo del Diesel de Soya para estudiar la producción de biodiesel, basándose en el modelo europeo. En 1994, cuando el nombre de la organización se cambió por Consejo Nacional para el Biodiesel (NBB), los combustibles producidos de aceite de soya ascendían a sólo unos pocos miles de galones al año. Pero diez años más tarde, ese volumen había crecido a 25 millones de galones, principalmente debido a los esfuerzos del NBB. La adición de un subsidio al impuesto de hasta US\$1 por galón, el cual entró en vigencia en enero de 2005, catapultó la demanda del combustible. Joe Jobe, Gerente Ejecutivo del NBB, dice que se vendieron al menos 200 millones de galones en 2006. Suponiendo que las instalaciones existentes y emergentes operan a capacidad máxima, la producción de biodiesel de los EE.UU. podría alcanzar 1.500 millones de galones en 2007, predice.

El biodiesel, utilizable en cualquier motor diesel, es ahora un actor clave en el mercado de combustibles alternativos. Elaborado por instalaciones industriales que producen millones de galones anualmente, y también



**Una nueva manera de desplazarse.** Una estación Exxon en Durham, Carolina del Norte, ofrece una mezcla de biodiesel hecha de petróleo y fuentes de alimento orgánico tal como la soya, aceite de cocinar y grasas animales.

por fabricantes más pequeños que lo hacen de grasa de cocinar usada, el biodiesel podría hacer mucho para reducir nuestra dependencia del petróleo extranjero, dicen los expertos. “A largo plazo, estimamos que podría producir un volumen igual a aproximadamente veinticinco por ciento del combustible diesel actual usado en la carretera”, dice Robert McCormick, ingeniero en el Laboratorio Nacional de Energía Renovable (NREL) del Departamento de Energía (DOE).

año, a menos que los fabricantes emplearan nuevas materias primas de mayor rendimiento, tal como las algas.

Con todo, según Jonathan Cogan, vocero de la Administración Federal de Información de Energía, Estados Unidos consumió más de 40.000 millones de galones de combustible diesel sólo en 2005. La posibilidad de que el biodiesel pudiera sustituir hasta un cuarto de esa cantidad es significativa, enfatiza McCormick. “El biodiesel será parte de un enfoque de múlti-

década de 1920, la materia prima cambió a destilados de petróleo refinado de petróleo crudo durante la producción de gasolina. Pero mientras el llamado petrodiesel era más barato y más abundante que el aceite vegetal, también era más liviano y menos viscoso. Los fabricantes de automóviles tuvieron que modificar los diseños de motor acorde con esto, y el aceite vegetal como fuente de combustible fue dejado de lado por décadas.

Luego, en 1973, el embargo de petróleo árabe elevó a las nubes el precio del crudo. Con la gasolina y el diesel cuatro veces más caros que antes, volvió el interés por los biocombustibles. Pero había un dilema: el aceite vegetal puro era demasiado espeso para los motores diesel modernos; tapaba los sistemas de inyección y no se atomizaba de manera uniforme en los cilindros de compresión. A menos que se volviera a los diseños de motor más antiguos, quedaban dos opciones: o bien calentar el aceite con un sistema de abordo para hacerlo menos viscoso (el método empleado por los “Greasecars” actuales, los que funcionan con grasa de freír pura), o hacer las moléculas de aceite más pequeñas.

La última opción condujo al biodiesel. La mayoría de los productores eligió un método de fabricación llamado transesterificación, el cual los sudafricanos usaban para hacer combustible de aceite vegetal antes de la Segunda Guerra Mundial. Con ese proceso, los refinadores mezclan el aceite con alcohol en presencia de un catalizador, normalmente hidróxido de sodio. El alcohol y los ácidos grasos reaccionan, creando biodiesel y un subproducto de glicerina. El alcohol empleado es normalmente metanol, produciendo un biodiesel consistente en ésteres metílicos de ácido graso.

Hoy día, la mayoría del biodiesel producido en todo el mundo se elabora mediante transesterificación. El aceite de soya representa casi el 90% del biodiesel producido en los Estados Unidos, aunque cualquier clase de aceite vegetal o grasa animal es adecuado. La mayoría de los científicos descarta sugerencias anteriores en el sentido que el biodiesel requiere más energía de combustible fósil para elaborarlo (en términos de consumo químico, trabajo, transporte, y otros factores) que lo que genera como combustible. Lo que muchos consideran ser un análisis definitivo, descrito en un informe del Departamento de



**¿Un futuro más brillante?** La flota del transporte público Sun Trolley en Fort Lauderdale, Florida, es una de las primeras en los Estados Unidos en comenzar a utilizar biodiesel para toda su flota.

McCormick recalca que el biodiesel no puede reemplazar completamente al petróleo. Aunque el diesel propulsa la mayoría de los camiones comerciales, barcos y equipo agrícola en los Estados Unidos, aproximadamente un 95% de la flota de pasajeros aquí funciona con gasolina. Incluso si la flota de pasajeros cambiara completamente al diesel, la agricultura de EE.UU. no podría producir suficiente cantidad de materia prima para satisfacer sus necesidades, dice. Según cálculos del NREL, publicados en el informe de junio de 2004 *Análisis del Aceite de Biomasa: Necesidades de Investigación y Recomendaciones*, la capacidad agrícola en los Estados Unidos probablemente limitaría la producción a un máximo de 10.000 millones de galones de biodiesel puro al

plenas dimensiones para reemplazar el petróleo importado”, afirma.

### Un Poco de Historia

El motor diesel fue inventado en 1892 por el ingeniero Rudolf Diesel. Estos motores difieren significativamente de los motores de gasolina estándar. En tanto los motores de gasolina encienden combustible vaporizado en un cilindro empleando una bujía, los motores diesel comprimen aire en un cilindro, calentándolo tanto que cuando el combustible se encuentra con el aire, explota. Ese proceso convierte el combustible en energía de manera más eficiente que los diseños de bujía, dándole a los motores diesel mayor economía de combustible.

Los primeros motores diesel funcionaban exclusivamente con aceite vegetal. Pero en la

Agricultura de los EE.UU. (USDA) y del Departamento de Energía (DOE) titulado *Una Descripción General de los Ciclos de Vida del Biodiesel y del Petróleo Diesel*, concluyó que el biodiesel genera 3,2 veces más energía que la que se requiere para producirlo.

Bill Holmberg, quien encabeza el Consejo de Coordinación de Biomasa del Consejo Estadounidense sobre Energía Renovable, sugiere que con el correr del tiempo la balanza se inclinará aun más en favor del biodiesel. “Si ponemos nuestras mentes a trabajar en ello, podemos reducir la cantidad de energía fósil que va a la producción de biodiesel, tal vez no a cero, pero sí de manera substancial”, dice. “Es un asunto de conservación y de aplicar la tecnología existente de manera prudente”.

### El Biodiesel en Acción

El biodiesel puro, llamado B100, se puede emplear generalmente sólo a temperaturas más elevadas: al llegar al punto de congelación del agua, el B100 se convierte en gel y causa problemas al motor. Para usarlo en tiempo frío, los conductores deben instalar sistemas de calefacción especiales a fin de mantener el combustible caliente. Incluso el diesel puro puede convertirse en gel con frío extremo, dice Jobe, y las mezclas de biodiesel en cualquier nivel pueden agravar ese problema. Como una dificultad adicional, el B100 tiene fuertes propiedades solventes que liberan óxido y otros contaminantes del motor, los que tapan los filtros e inyectores de combustible. (Con el uso repetido, sin embargo, el B100 y las mezclas de biodiesel “limpian” los motores de estos contaminantes, lo cual se hace menos problemático con el tiempo).

Para evitar estos problemas, la mayoría de los conductores emplea mezclas de B100 y petrodiesel mezclado en diferentes proporciones. Una mezcla llamada B20 —20% biodiesel puro— ha sido por mucho tiempo el que más se vende, pero según Jobe, mezclas más bajas han comenzado a superar

al B20. Aquellos que contienen 2% y 5% de biodiesel —designados como B2 y B5, respectivamente— hora impulsan gran parte del crecimiento en el mercado, dice. Eso se debe a que pequeñas cantidades de biodiesel actúan como un lubricante en los combustibles diesel de contenido de azufre ultrabajo (ULSD) que están surgiendo ahora

titulado *Efectos de las Mezclas de Biodiesel en las Emisiones de Vehículos*. A diferencia de los combustibles fósiles —los cuales contienen carbono de fuentes subterráneas— el biodiesel contiene carbono proveniente de plantas que estaban hasta hace poco vivas y extrayendo carbono de la atmósfera. Por esa razón, quemarlo no agrega más dióxido de carbono a la atmósfera que lo que ya había ahí.

Es más, el biodiesel contiene un 11% de oxígeno por peso, lo cual mejora su combustión, y reduce la cantidad de hollín carcinógeno que los motores diesel lanzan al aire. Los motores diesel tradicionalmente han tenido una mala reputación cuando se trata de contaminación. El petrodiesel puede contener un montón de azufre, lo que genera partículas de base de sulfato que causan lluvia ácida y contribuyen a causar problemas de salud que van desde enfermedad respiratoria hasta el cáncer. Por esa razón, algunos estados —incluyendo Maine, California, Massachusetts, New York, y Vermont— han prohibido por completo las ventas de vehículos de pasajeros propulsados por diesel. (Sin embargo, los vehículos comprados en otra parte pueden aún ser inscritos en esos estados). Desde el 15 de octubre de 2006, la mayor parte del diesel vendido en los Estados Unidos es ULSD, el cual contiene un máximo de



**Una mezcla más saludable.** Una muestra de combustible B20 que contiene un 20% de biodiesel y 80% de diesel estándar. El biodiesel fabricado de aceite vegetal químicamente alterado se quema de manera más limpia que el combustible diesel tradicional.

para satisfacer las normas más estrictas de contaminación en algunos estados, protegiendo el motor contra el desgaste.

Los que están a favor insisten en que los beneficios del biodiesel superan sus inconvenientes, no solamente por seguridad de la energía sino que también del medio ambiente. Numerosos estudios muestran que, comparado con el petrodiesel, el B20 emite, como mínimo, un 10% menos de materia particulada, monóxido de carbono, e hidrocarburos totales. Los datos relevantes se resumen en un informe de NREL de 2006

15 ppm de azufre, y todos los modelos de vehículos diesel del año 2007 para uso en carretera deben emplear este combustible. El biodiesel es mejor, sin embargo, porque no contiene azufre.

### Arremetiendo contra el NO<sub>x</sub>

Sin embargo, McCormick señala que el biodiesel emite cantidades cuestionables de óxidos de nitrógeno (NO<sub>x</sub>) —contaminantes del aire que se mezclan con la luz del sol para formar smog, un irritante respiratorio. “Muchos estudios muestran pequeños

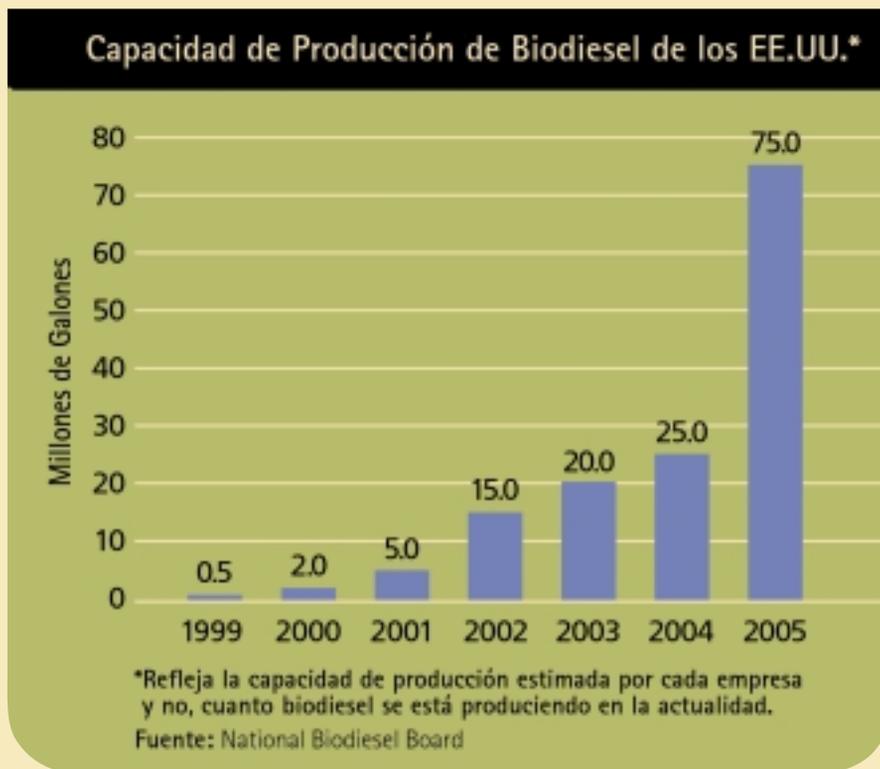
aumentos en el  $\text{NO}_x$  provenientes del B20, pero muchos otros muestran disminuciones”, dice. “Es difícil saber qué es lo correcto con los datos que tenemos hoy día”.

En el pre-informe técnico de 2002 *Un Análisis integral de los Impactos del Biodiesel en las Emisiones de Escape*, la EPA revisó una variedad de estudios de pruebas de motor y concluyó que, como promedio, los niveles de  $\text{NO}_x$  emitidos por B20 derivado de la soja son un 2% más altos que aquellos producidos por el petrodiesel.

Eso es preocupante, porque los motores diesel

ya emiten niveles elevados de  $\text{NO}_x$ , y el smog es un importante problema de salud y ambiental. Pero estos resultados fueron rebatidos por científicos del NREL, quienes afirman que la EPA se basó demasiado en datos para sólo un diseño de motor —el motor de prueba de banco— distorsionando así sus resultados. La propia revisión del NREL, descrita en *Efectos de la Mezclas de Biodiesel en las Emisiones de Vehículos*, sugiere que las emisiones  $\text{NO}_x$  del biodiesel pueden variar dependiendo del tipo de materia prima, tipo de motor, y métodos de prueba.

Scott Gordon, químico y fundador de Tecnologías Verdes, un pequeño productor de biodiesel en Winooski, Vermont, enfatiza que la mayoría de los estudios de los EE.UU. han empleado motores de banco de prueba, los cuales no reproducen las emisiones de  $\text{NO}_x$  bajo las condiciones del mundo real. Más aun, los convertidores catalíticos que normalmente eliminan  $\text{NO}_x$  de los motores a gasolina pueden emplearse en motores de compresión que queman combustible ULSD, dice. “El azufre daña los convertidores catalíticos, y ese es el motivo por qué los motores diesel tradicionalmente no los han usado”, explica. “Pero con el combustible diesel con azufre



[ultra]bajo, la industria de los motores está cambiando hacia los convertidores catalíticos, y eso podría bajar espectacularmente las emisiones de  $\text{NO}_x$ ”.

Cuando se le preguntó acerca de este asunto, un vocero de la EPA respondió, “Los combustibles de biodiesel pueden lograr reducciones significativas de [materia particulada]. La EPA está trabajando actualmente con los grupos de interés para comprender todos los impactos potenciales que pueden tener las emisiones de  $\text{NO}_x$  del biodiesel”.

Aun así, las conclusiones de la EPA impulsaron a la Comisión de Texas sobre la Calidad Ambiental (TCEQ), a proponer una prohibición sobre el biodiesel en 110 condados. Según su sitio web, la TCEQ supone, basándose en cifras de la EPA, que las emisiones de  $\text{NO}_x$  del B100 son un 10% más altas que lo permitido bajo las nuevas normas estatales para el diesel. Las mezclas de biodiesel también están incluidas— el TCEQ, por ejemplo asume que las emisiones B20 son un 2% más altas que lo que permiten las normas estatales. La prohibición no sería necesariamente rígida; los productores podrían realizar pruebas independientes y vender biodiesel si sus emisiones de  $\text{NO}_x$  son suficientemente

bajas. Pero esas pruebas cuestan más de US\$100.000, lo cual es más de lo que muchos productores pueden costear.

La prohibición propuesta estaba programada para entrar en vigencia el 31 de diciembre de 2006. Tres semanas antes de ese plazo, sin embargo, el TCQE le concedió al biodiesel una prórroga de un año. Esta ampliación permitirá que los estudios que están en curso lleguen a conclusiones finales y le den a la industria una oportunidad de continuar

probando fórmulas para cumplir con las normas de baja emisión de diesel de Texas.

Según Gordon, la prohibición de Texas, si se implementa, podría influir negativamente en el crecimiento del biodiesel en otros estados con cumplimiento marginal de  $\text{NO}_x$ , el que incluye a Vermont, base de su empresa. “Definitivamente establece un precedente”, dice.

### Incentivos para el Crecimiento

Irónicamente, la prohibición propuesta por Texas se presenta cuando muchos estados están promoviendo un mayor uso de biodiesel. En septiembre de 2005, Minnesota implementó una nueva norma que exige que el diesel vendido dentro del estado debe contener al menos un 2% de B100. Una ley similar, aprobada en el estado de Washington en marzo de 2006, exige un 2% de B100 mínimo para las ventas de diesel ahora, aumentando a 5% a medida que aumenta la producción estatal de biodiesel.

El crédito por impuesto del gobierno federal es también un incentivo probado para el crecimiento del biodiesel. Producto del lobby de NBB y otros grupos de interés, el crédito se aplica principalmente a

distribuidores y mezcladores de combustible. Por cada porcentaje de B100 mezclado en combustible, se deduce un centavo del impuesto federal sobre el consumo para el diesel, lo cual representa 24.4¢ por galón. Un galón de B100 —100% biodiesel— por lo tanto, califica para un crédito tributario de US\$1. Del mismo modo, un galón de B20 califica para una deducción de 20¢, lo que reduce la obligación tributaria del distribuidor a 4.4¢.

Sin embargo, el crédito completo se aplica solamente a B100 hecho con aceite vegetal puro de “primer uso”. Un galón elaborado con aceite de cocinar usado —un artículo conocido en la industria como grasa amarilla— califica para un crédito de 50¢ solamente. De este modo, mientras el crédito ha sido un gran beneficio para los grandes productores y la industria de la soya, no lo ha sido tanto para los productores locales como Gordon, quien depende de grasa amarilla donada como materia prima para abastecer un mercado principalmente “off road”, orientado hacia el equipamiento de granja y aceite de calefacción residencial.

El rápido crecimiento del biodiesel no se ha producido sin consecuencias. En 2006, una encuesta nacional del NREL de 38 instalaciones de mezcla —es decir instalaciones que mezclan biodiesel para distribución— encontró niveles de glicerina total inaceptablemente altos en hasta un tercio de las muestras analizadas, indicando que la grasa materia prima no había sido convertida completamente. Eso significaba por lo tanto, que las muestras no cumplían con las normas de calidad emitidas por ASTM International, el organismo que rige las normas para materiales industriales.

McCormick atribuye los problemas de calidad a “pura incompetencia” y dice que la glicerina presente (la glicerina en grasa no convertida o parcialmente convertida) puede obstruir los filtros de combustible en tiempo frío, haciendo que sea difícil poner en marcha los motores. “Ello crea un problema inmediato para el usuario”, dice. “Y estos mezcladores culpables pueden estar pidiendo el crédito de impuesto, para el cual ellos son elegibles solamente si aprueban las normas ASTM”. Según McCormick, la NREL planea publicar un informe sobre la materia más adelante este año.

Jobe hace hincapié en que el NBB está preocupado por la calidad, y sugiere que los

problemas provienen de un alza explosiva en la demanda. “Con este tipo de crecimiento usted va a encontrar grandes cantidades de nuevos productores ingresando al mercado que no tienen implementado todos sus procedimientos de control de calidad”, dice. “Estamos tomando medidas agresivas para promover la calidad, porque incluso un solo mal productor puede dar a toda la industria un mal nombre”.

### Alimento para Combustible

La rápida expansión del biodiesel —combinada con la de otros biocombustibles tal como el etanol— ha llevado a algunos a preocuparse de que la producción de combustible podría desviar la agricultura de la producción de alimento, dejando a alguna gente con hambre. Los fabricantes de margarina en Alemania y Francia, donde se produjeron cerca de 860 millones de galones de biodiesel en 2005, ya se quejan de que están siendo dejados de lado por desvíos de los cultivos hacia la industria del combustible. ¿Podría eso ser indicio de que vendrá una competencia más dramática a medida que se acelera la producción de biodiesel?

La mayoría de los expertos dice no. Grant Kimberley, quien dirige el desarrollo del mercado para la Asociación de Soya de Iowa, dice que en los Estados Unidos, el aceite de soya empleado para biodiesel hasta ahora proviene de excedentes existentes, lo que quiere decir que la industria aún no ha desviado nada de aceite hacia el mercado del combustible. Y Jobe enfatiza que haciendo que el aceite de soya sea más valioso, la producción de biodiesel disminuye la presión sobre el alimento de soya sólido (la parte que contiene la proteína) para generar dólares para la industria. “Y eso permitirá a los granjeros obtener más dinero por el grano entero al tiempo que hace bajar el costo del alimento que genera proteína para alimentar el ganado”, dice. “Las únicas personas que podrían pasar hambre son aquellas que subsisten con las papas fritas, margarina y aderezo italiano”.

Además, los expertos anticipan que la futura materia prima del biodiesel rendirá una mayor producción de aceite que la soya. Mientras que la soya produce 18–20% de aceite, otros cultivos producen mucho más; la producción de aceite de la canola, por ejemplo, alcanza el 40%. Jake Stewart, vice

presidente de desarrollo estratégico en Combustibles Orgánicos, una refinera ubicada en Houston, Texas, que elaboró 30 millones de galones de biodiesel en 2006 (convirtiéndola en la mayor productora en Texas y la tercera más grande de los Estados Unidos), dice que la industria apenas ha rasguñado el potencial cuando se trata de cultivos de mayor rendimiento.

Aunque declinó hablar específicamente acerca de las tendencias de su empresa en esta área, Stewart sugiere que la industria mirará a especies completamente diferentes con mayores rendimientos en aceite, tales como algunos arbustos. El mayor competidor, dice Stewart, son las algas, las que tienen un rendimiento de aceite de hasta un 50%. “Esa es la única materia prima con el potencial real de desplazar el petróleo en este país”, dice. Mientras que la soya genera aproximadamente 50 galones de biodiesel por acre, las especies de alga pueden producir hasta 8.000 galones por acre por año, según Michael Briggs, candidato al doctorado en física que investiga la producción de biodiesel en la Universidad de New Hampshire. Esto las convierte lejos en la más promisoriosa materia prima potencial.

El truco es de alguna manera cultivar algas en sistemas que permitan a los productores controlar la producción. Las lagunas abiertas son problemáticas, dice Briggs, porque es difícil controlar la distribución de las especies. Para hacer un producto uniforme, los fabricantes necesitan un sistema que cultive solo una especie seleccionada, sin infiltración de otras.

Briggs dice que el método favorecido emplea biorreactores cerrados que mantienen fuera las especies no deseadas, mientras que permiten un control preciso de la luz, calidad del agua, y aportes de nutrientes. En un escenario ideal, los productores podrían instalar biorreactores a lo largo del país y cultivar algas con nutrientes obtenidos de instalaciones de tratamiento de agua servida, dice. Un total de 15.000 millas cuadradas, equivalente a aproximadamente un 12,5% del área ocupada por el desierto de Sonora, podría generar 140 mil millones de galones de biodiesel —suficiente para reemplazar casi todo el petróleo empleado para el transporte en los Estados Unidos actualmente (suponiendo que los automóviles propulsados por gasolina cambiarán a tecnología diesel).

Haciendo otra comparación, Briggs señala que 15.000 millas cuadradas son aproximadamente 9,5 millones de acres — mucho menos que los 442 millones de acres dedicados a tierra de cultivo o los 586 millones de acres dedicados a pastos de forraje para ganado que pasta en los Estados Unidos, según las cifras de la USDA.

Pero más allá de los Estados Unidos, los desvíos de tierra para biodiesel son más problemáticos. Las selvas tropicales de Indonesia están siendo quemadas ahora para despejar terreno para las palmeras, una materia prima de biodiesel que produce más de 600 galones de B100 por acre. El creciente desmonte en los trópicos podría tener consecuencias desastrosas: las selvas tropicales absorben dióxido de carbono y ayudan a mitigar los efectos del calentamiento global. Más aun, según un artículo del 5 de diciembre de 2005 del *The Wall Street Journal*, los incendios forestales producidos para despejar tierra para las palmeras en Borneo han cubierto la capital Pontianak con humo que se sumó al smog

que ya envuelve gran parte del sudeste asiático.

Una fuente anónima, que planea construir una gran instalación de producción de biodiesel en Texas empleando aceite de palma importado para el 50% de la materia prima, dice que el talaje de tierra tropical para combustible es una práctica “prolífica”. Añade, “No queremos que nuestro aceite de palma crudo provenga de áreas que eran selva tropical; nuestro biodiesel proviene de producción sustentable. Pero esto es como el comercio de diamantes: hay una forma correcta y una forma incorrecta de hacer las cosas”.

Mientras tanto, el atractivo de mercados crecientes para el biodiesel fomentado por una demanda subsidiada podría resultar irresistible para distribuidores del mundo en desarrollo, dispuestos a cortar bosques tropicales para obtener aceite de palmera, aun cuando ellos alegan sustentabilidad en público. Sin una mayor fiscalización, los cultivos para obtener biodiesel podrían exa-

cerbar la deforestación en todo el mundo, y contrarrestar los beneficios del combustible para el clima, a la vez que contribuye a la erosión, contaminación del aire, pérdida de biodiversidad, y otras amenazas ambientales.

Finalmente, el biodiesel podría ofrecer un rayo de esperanza para un mundo estrujado por las reservas de petróleo decrecientes, contaminación, y calentamiento global. Pero también es una industria acosada por crecientes penurias y la amenaza de producción no sustentable, especialmente en el mundo en desarrollo. Si una cosa es cierta, es que el biodiesel es una tecnología que hay que observar. Muy pronto, podría ser el combustible elegido por millones.

---

**Charles W. Schmidt**

*Artículo original en Environmental Health Perspectives • VOLÚMEN 115 | NÚMERO 2 | Febrero 2007*