

=====

RESISTENCIA Número 60  
BOLETÍN DE LA RED OILWATCH  
Abril 2006

=====

Queridos colegas y amig@s,

Este número del Boletín Resistencia analizará el nuevo problema que constituyen los biocombustibles. Los artículos incluidos en este boletín son parte de la reciente publicación: "Which Energy?" Informe sobre Energía 2006 del Institute of Science in Society, y cuyos autores son Mae-Wan Ho, Peter Bunyard, Peter Saunders, Elizabeth Bravo y Rhea Gala.

Para ver el texto completo sobre Energía, todas las notas, referencias y conocer más sobre los biocombustibles pueden bajar el documento (en inglés) completo del sitio: <http://www.twinside.org.sg/title2/par/whichEnergy.pdf>

Secretaría Oilwatch

=====

## CONTENIDOS:

1. ¿Qué son los biocombustibles?
2. Biocombustibles para los adictos al petróleo: ¿la cura peor que la enfermedad?
3. Etanol de Biomasa de Celulosa: ni sustentable, ni ambientalmente benigno
4. Boom del biodiesel en Europa.
5. Poesía

=====

## 1. ¿QUÉ SON LOS BIOCOMBUSTIBLES?

Los biocombustibles se derivan de cultivos de plantas, e incluyen biomasa que es directamente quemada, biodiesel de semillas oleaginosas y etanol (o metanol) que es el producto de la fermentación de los granos, pasto, paja o madera.

Los biocombustibles han ganado fama entre los grupos ambientalistas como energías renovables que son "libres de carbono", por lo que no producirían gases con efecto invernadero; simplemente al quemarlos, el dióxido de carbono que las plantas tomaron cuando crecían en el campo, regresa a la atmósfera.

Sin embargo, hay varios aspectos que no son tomados en cuenta en este análisis. Por ejemplo, los cultivos destinados a biocombustibles, ocupan tierras valiosas que podrían usarse para cultivar alimentos, especialmente en países empobrecidos. Hay estimaciones realistas que muestran que generar energía a partir de cultivos requiere más energía fósil que la energía que producen, y que no reducen sustancialmente las emisiones de gases con efecto invernadero, cuando se incluyen todos los factores en los cálculos.

Más aún, causan irreparables daños a los suelos y al medio ambiente.

Los biocombustibles pueden también producirse a partir de chips de madera, residuos de cultivos y otros desechos agrícolas e industriales, los cuales no compiten por suelo, pero cuyos impactos ambientales son aún sustanciales.

Fuente: ISIS. 2006

=====

## 2. BIOCOMBUSTIBLES PARA LOS ADICTOS AL PETRÓLEO: ¿LA CURA PEOR QUE LA ENFERMEDAD?

*Por: Mar-Wan Ho*

El bioetanol y biosiesel, provenientes de la energía generada por cultivos agrícolas, ocupan tierra de cultivos alimenticios y producen menos energía que la usada para producirla; también afectan el medio ambiente y causan desastres económicos.

"Debemos acabar con la adicción al petróleo", dijo George W. Bush en su último mensaje a la Nación, pero no estaba pidiendo a la población que dejen de usar carros o que usen menos petróleo. Al contrario, lanzó la "Iniciativa de Energías Avanzadas" a través de la cual se aumentará el presupuesto federal en un 22%, por las investigaciones en tecnologías de energía limpias; esto incluye los biocombustibles derivados de plantas y sustitutos de petróleo para alimentar los automóviles.

Los sucesivos presidentes de los Estados Unidos han promovido el etanol de maíz como un aditivo energético subsidiado. El Presidente Bush dijo a los científicos que ahora deben trabajar en cómo hacer etanol a partir de chips de madera, tallos o pasto "práctico y competitivo en los próximos 6 años", y que reemplazarán más del 70% de importaciones de crudo desde "lugares inestables en le mundo" - Oriente Medio - hacia el año 2025.

Actualmente, el 60% del petróleo consumido en Estados Unidos es importado, con un incremento más del 53% más desde que George W. Bush llegó al poder.

## BIOCOMBUSTIBLES DE CULTIVOS NO PUEDEN SUSTITUIR A LOS COMBUSTIBLES FÓSILES EN TODOS SUS USOS

Las mayores trabas para la masificación de estos productos, son la disponibilidad de tierras para cultivar las plantas, la tasa de producción de cultivo y la eficiencia en la conversión energética, aunque lo económico también tiene su cuota.

Cultivar plantas para quemarlas - como biomasa - puede ser la forma más barata de biocombustible, tanto en términos de energía como económicos, ya que requiere de un mínimo de procesamiento luego de la cosecha.

Los científicos del Tecnológico de Virginia, David Parrish y John Fike, han estudiado la agrobiología del “pasto varilla” o “pasto aguja” (*Panicum virgatum*) - conocido en inglés como *switchgrass*<sup>1</sup>-, el más investigado y aceptado de los cultivos para energía. Este pasto es perenne y nativo de Norteamérica y ha sido extensamente cultivado para forraje desde la conquista de América. Es muy prolífico, no requiere de mucho Nitrógeno como fertilizante y es considerado el más sustentable, o al menos el que tiene menos impacto ambiental para producir biocombustibles. Pero el estudio concluye que “aún con los máximos resultados, estos sistemas pueden no proveer la misma energía que generan los combustibles fósiles”.

La sustitución del carbón con *switchgrass* se estima que permitirá la reducción de cerca de 1,7 ton CO<sub>2</sub> por tonelada de *switchgrass* utilizada.

Los precios que los cultivadores reciben por la biomasa deben ser lo suficientemente favorables. Así, se calcula que cerca de 8 millones de hectáreas podrían estar cultivadas si el precio alcanzara los \$USD 33 por Ton en finca, incrementándose a cerca de 17 millones de Ha. con un precio de \$44 por Ton. El precio de mercado pagó por biomasa de chips de madera en Virginia en 2004, un promedio de \$33 por Ton entregada, y el precio de heno (de todo tipo) de cerca de \$95 por Ton.

Un estimado ubica el costo de *switchgrass* en \$63 por Ton. Si se añade el costo del procesamiento, como el prensado, el enrollamiento mecanizado puede hacer que se eleve el costo de producción a cerca de \$83 por Ton. Una tonelada de *switchgrass* produce 17-18 GJ de energía al quemarse, comparada con 27-30 GJ del carbón; y los costos del carbón son de \$55 por Ton.

El pasto *switchgrass* para energía no es económicamente competitivo, a menos que haya un subsidio sustancial para su cultivo. Lo mismo se aplicaría, para la

---

<sup>1</sup> Algunos textos de México usan la denominación de “pasto aguja” o “pasto varilla”, pero la mayoría de bibliografía en castellano utiliza el nombre de este pasto en inglés. Para evitar confusiones, a lo largo del Boletín tomaremos palabra *switchgrass* para referirnos a esta especie de *Poacea*: [Panicum virgatum](#).

mayoría de otros cultivos para energía.

David Pimentel, profesor de la Universidad de Cornell en Nueva York y Tad Patzek, profesor de ingeniería química en la Universidad de Berkeley en California, estudiaron el balance energético y económico de producir biomasa, etanol o biodiesel a partir de maíz, *switchgrass*, madera, soya y girasol, usando el análisis, generalmente aceptado, del ciclo de vida. Aunque hay mucha controversia sobre el balance de energía del etanol y biodiesel, el balance energético de la biomasa por cosecha es generalmente menos sujeto a disputas, por lo que es un buen punto de inicio para el debate (Tabla 1).

Como puede verse, *switchgrass* no tiene la proporción insumo/producto más favorable, siendo de 14,52, seguido por el trigo con 12,88, y la semilla de colza con 9,21, si se incluye la paja. Sin embargo, el *switchgrass* es la más prometedora de los cultivos de bioenergía, guste o no, como biomasa para la quema o para hacer otros combustibles derivados, como el etanol.

Un rápido cálculo muestra que aunque todas las fincas de los Estados Unidos fuesen convertidos en productoras de pasto *switchgrass*, no producirían suficiente etanol para abastecer el consumo actual de combustibles fósiles.

El pasto *switchgrass* tarda varios años en madurar, la cosecha puede ir desde un rango de 0 - pérdida completa-, hasta obtener 20 Ton o más por hectárea, dependiendo de la cantidad de lluvias. Una cosecha de 15 Ton/ha es considerada Buena y puede proveer cerca de 250 GJ/ha de energía química bruta al año. Si esta energía es convertida con un 70% de eficiencia, en electricidad, etanol, metanol etc., podría tomar al menos 460 millones de hectáreas para producir los 80EJ (ExaJoule =  $10^{18}$  J) de energía fósil usada en los Estados Unidos cada año. Todas las fincas de Estados Unidos tienen un total de tierras de 380 millones de hectáreas, de las cuales 175 millones se destinan a áreas de cultivo y cosecha.

Claramente, los cultivos bioenergéticos son una mala opción, y muchos pueden ser obsoletos como el etanol, que aunque ahora se puede hacer a partir de chips de madera, residuos de las cosechas u otros desechos industriales, aún así, es insustentable.

TABLA 1. BALANCE ENERGÉTICO PARA BIOMASA DE LOS PRINCIPALES CULTIVOS

Cultivo	Cosecha (Ton/ha)	Entrada de Energía (GJ)	Salida de Energía (Biomasa) (GJ)	(Entrada/Salida)
Maíz	8.655	33.978	130.459	3.84
Switchgrass	10.000	11.535	167.480	14.52
Soya	2.668	15.685	40.216	2.56
Girasol	1.500	25.620	19.470	0.76
Colza	4.080(a)	12.159	54.346	4.47

	8.080(b)	12.417	114.346	9.21
Trigo	8.960(a)	12.562	74.189	5.91
	15.460(b)	13.328	171.689	12.88

(a) solo grano, (b) grano y paja

## ¿SE OBTIENE MÁS ENERGÍA DE LOS BIOCOMBUSTIBLES QUE DE LA ENERGÍA FÓSIL QUE SE HA USADO PARA OBTENERLA?

Hay un gran debate sobre el balance de energía para hacer etanol o biodiesel de cultivos bioenergéticos. Los resultados de David Pimentel y Tad Patzek sostienen que el balance de energía de todos los cultivos, con los métodos de procesamiento actuales, se gasta más energía fósil para producir el equivalente energético en biocombustible.

Así, por cada unidad de energía gastada en energía fósil, el retorno es 0,778 de energía de metanol de maíz; 0,688 unidades en etanol de *switchgrass*; 0,636 unidades de etanol de madera y el peor de los casos, 0,534 unidades de biodiesel de soya.

Su estudio ha provocado una respuesta fuerte de varios departamentos del gobierno de los Estados Unidos, acusando a Pimentel y Patzek de usar fórmulas obsoletas o de no contar la energía contenida en subproductos como el *seedcake* (residuos que quedan luego de que el combustible ha sido extraído) que puede ser utilizado como alimento de animales, pero si incluyen en sus cálculos la energía necesaria para construir las plantas procesadores, la maquinaria agrícola, y el trabajo, que no se suele incorporar en este tipo de análisis.

Por su parte, Pimentel y Patzek, junto con muchos otros científicos, como la autora de este artículo, son críticos de las estimaciones que dan un balance positivo de energía precisamente porque ellos dejan de lado toda esta inversión en energía que fue necesaria para obtener el cultivo. De hecho, ni Pimentel, Patzek, ni sus críticos han incluido los costos del tratamiento de desperdicio y desechos, o los impactos ambientales de los cultivos bioenergéticos intensivos como la pérdida de suelos y la contaminación ambiental por el uso de fertilizantes o plaguicidas.

El aporte de energía de los productos asociados, de acuerdo con la composición de sus semillas, parece ser excepcional. Por ejemplo, solo el 18% de la soya es aceite que sirve para biodiesel, mientras que la diferencia es pasta de soya que sirve como alimento animal. Sin embargo, como el *seedcake* es producido casi al mismo tiempo que se necesita para extraer el combustible, una simple contabilidad atribuirá el 82% de la energía necesaria para generar biodiesel - que es considerable - para alimentación animal.

## BALANCE DE ENERGÍA EN LA OBTENCIÓN DE ETANOL DE MAÍZ

Para mayor seguridad, un nuevo estudio que compara 6 estimaciones del balance energético en la obtención de etanol encontró, que “los cálculos de energía neta son más sensibles con la asignación de subproductos”

Los análisis, llevados a cabo por los investigadores de la Universidad de Berkeley en California, y publicados por la revista Science en enero del 2006, y que toman en cuenta los cálculos de Pimentel y Patzek, desarrollaron un “modelo” que les permitió comparar los datos y supuestos de todas las estimaciones. Se destaca el balance energético negativo obtenido por Pimentel y Patzek, por que incluye la energía usada para la construcción y funcionamiento de las plantas procesadoras, la maquinaria agrícola, y el trabajo; y no tanto por darle créditos a los subproductos.

Sin embargo, retirando estos factores “inconmensurables”, el balance energético positivo resulta muy modesto (de a penas 3Mj/litro a 8Mj/litro de etanol) lo que significa 1,13 a 1,34 en la relación entrada/salida (hay 23,4 MJ en un litro de etanol), mientras la reducción de emisiones de gases con efecto invernadero es de cerca del 13%.

Los investigadores desarrollaron además una manera de presentar el balance energético considerando la entrada de energía de petróleo - expresada como MJ petróleo / MJ etanol – que es una fórmula desorientadora. Esencialmente añade 100% de créditos de energía al etanol, puesto que presume que el etanol sustituye en un 100% el uso de energía fósil.

Los científicos entonces usaron los “mejores datos” de los seis análisis para “crear” tres casos existentes con sus respectivos modelos, todos estos hipotéticos: *Ethanol Today*, que alega incluir los típicos valores para la actual industria de etanol de maíz; *CO2 Intensive*, basada en los planes de enviar maíz de Nebraska a una planta de etanol 24 generada por lignita, en el Norte de Dakota; y, *Cellulosic*, que asume que la producción de etanol de celulosa de pasto *switchgrass* es rentable, y que admiten buenas “estimaciones preliminares de una tecnología que evoluciona rápidamente”.

Para los tres casos, los científicos encontraron un balance positivo de energía: 23 MJ/litros de etanol para *Cellulosic* (muy significativo), 5 MJ/litros para *Ethanol Today*, y 1,2 MJ/litros para *CO2 Intensive*; los ratios de entrada/salida correspondientes de energía (MJ petróleo / MJ etanol) fueron de 1,98, 1,21, y 1,05 respectivamente.

*Cellulosic* es claramente el ganador en término de balance energético, y con un buen punto en cuanto a ahorro de emisiones gases con efecto invernadero, que es del 89%. Los valores correspondientes a *Ethanol Today* y *CO2 Intensive* son del 17% y 2%, respectivamente.

Estos análisis muestran que los actuales métodos de producción, representados por *Ethanol Today* y *CO2 Intensive*, ofrecen solo un pequeño balance energético y un escaso ahorro de gases, aún cuando parezcan presentar presunciones favorables a ellos.

## ETANOL DE MAIZ: UN MAL NEGOCIO

EL etanol constituye el 99% de todos los biocombustibles en los Estados Unidos; 3.400 millones de galones de etanol se produjeron en el 2004 y usados como gasolina, representando el 2% en cuanto a volumen y al 1,3 con respecto a su contenido energético.

Se prevé que el uso de etanol crecerá debido al crédito impositivo de \$0,51 por galón de etanol que ha dictado el gobierno federal de EE UU, y por el mandato de alcanzar 7500 millones de galones de “combustibles renovables” que serán usados como gasolina hacia el 2012, según se incluye en la reciente Ley de Política Energética (EPACT 2005).

Pero Pimentel y Patzek han mostrado no solo que el retorno de energía es sustancialmente negativo, sino que en términos económicos es aún peor. Cerca del 50% del costo de producción de etanol es para maíz mismo, como insumo (\$0,28/litro). El etanol cuesta bastante más que lo que se paga por él en el mercado, y sin los subsidios estatales y federales, de cerca de 3.000 millones al año, la producción de etanol en los Estados Unidos terminaría.

El Senador McCain informa que el total de subsidios para etanol es de cerca de \$0,79/litro. Si se añade los costos de producción saldría un valor total de cerca de \$1,24/litro. El etanol tiene tan solo un 66% de energía contenida con relación al de la gasolina, comparando el costo actual. Entonces el etanol cuesta \$1,88/litro, o \$7,12 por galón equivalente de gasolina, comparado con el costo actual de producir gasolina que es de \$0,33/litro.

Los subsidios federales y estatales para la producción de etanol de \$0,79/litro, principalmente llegan a los bolsillos de las grandes corporaciones. UN máximo de \$0,02 por bushel, o 0,2 centavos/litro de etanol, va a los agricultores.

Con el subsidio a la producción del maíz y del etanol, el total de costos, que ascienden a 8.400 millones al año, se traslada a los consumidores, ya al que producir maíz como materia prima para producir etanol, aumenta los precios del maíz para otros fines. Por ejemplo, un estimado dice que la producción de etanol, con sus subsidios y demás, estaría aumentando el costo de producción de carne de bovino (alimentado con maíz) en \$ 1.000 millones.

Claramente, el etanol de maíz no es ni sustentable ni rentable, y se está poniendo bastante esfuerzo en encontrar otros insumos agrícolas como este.

## PEORES RENDIMIENTOS ENERGÉTICOS HACEN DE LA CONTABILIDAD MÁS REALISTA

Patzec presentó una detallada objeción al artículo de la revista *Science* que mostraba un balance energético positivo en la producción de etanol de maíz, exponiendo los principales errores usados en la contabilidad energética. Estos incluían:

- Fallas en contabilizar la energía de los granos de maíz como un ingreso de energía
- Asumir una obtención elevada de etanol de maíz al contrario de los datos verídicos
- Asignar costos de energía indebidamente en la producción de etanol, en particular, destilación de subproductos como los residuos de la fermentación que no tienen nada que ver con la producción de etanol.

Adicionalmente, la industria de etanol usualmente infla la obtención de etanol contando como etanol el 5% de gasolina añadida al etanol de maíz como desnaturalizador; toman el monto de almidón fermentado como si fuese el total de almidón extraíble, aunque no todo lo último es fermentable; y toman el peso del maíz húmedo (un promedio de 18% de humedad) como si fuera maíz seco.

Cuando la contabilidad energética hecha por autores diferentes es re-analizada con el mismo set de datos realistas, los saldos energéticos resultan ser remarcablemente uniformes.

La relación entrada/salida varía entre 0,245 y 0,310. En otras palabras, el *balance energético es severamente negativo: por cada unidad usada en hacer metanol de maíz, se obtiene al menos 0,3 unidades de energía de regreso. Por lo menos 9 veces más energía fósil para producir etanol de maíz en la puerta de la refinación que producir gasolina o diesel de petróleo.*

Como Patsek señala, los 7.500 millones de galones de etanol que se deben producir para el 2005 de acuerdo a la Ley de Energía, podría ser compensada por un incremento en el millaje automotriz con tan solo una milla por galón, excluyendo a los vehículos deportivos que literalmente devoran gasolina y la generación de luces vehiculares.

Las consecuencias económicas de la excesiva producción de maíz han sido devastadoras. El precio del maíz en Iowa, el más grande productor, declinó 10 veces entre 1949 y el 2005, al mismo tiempo que las cosechas de maíz se triplicaban.

Hoy día los agricultores de Iowa ganan una tercera parte de lo que ganaban hace 50 años, pero sus costos de producción se han multiplicado, debido a que queman metano y diesel para producir maíz. El precio de metano se ha

incrementado varias veces en los últimos 3 años. “Los subsidios a los cultivos de maíz que han suplido los precios del maíz en el mercado han aumentado hasta en un 50% entre 1995 y el 2004”. Patzek predice más concentración en la producción industrial del maíz en gigantescas fincas operados por las grandes corporaciones agrícolas, mientras que a los pequeños agricultores solo les resta alquilarles su tierra.

Un insumo industrial, cuyo precio está por los suelos, puede ser ahora procesado en etanol con una rentabilidad significativa, más aún con un subsidio federal de 50 centavos por galón de etanol, más los subsidios estatales y locales.

Patzek concluye: “Los Estados Unidos ya han perdido mucho tiempo, dinero y recursos naturales ..... detrás de un espejismo de un modelo energético que no tiene posibilidades de remplazar los combustibles fósiles.... La única solución real es limitar el ritmo de uso de estos combustibles fósiles. Cualquier otra cosa resultara eventualmente en un desastre nacional”.

=====

### 3. ETANOL PRODUCIDO DE BIOMASA DE CELULOSA, NI SUSTENTABLE, NI AMBIENTALMENTE BENIGNO

Mae-Wan Ho

#### ETANOL CELULOSA EL “ORO VERDE”

La principal limitación de obtener etanol de materia vegetal es que la mayoría de los azúcares, con excepción de almidón de la mazorca, no son viables para la fermentación con bacterias u otros microbios. Los azúcares están encerrados en la celulosa, el material fibroso que representa el 75 o 85% de la planta, el resto es lignina, el material de la madera.

Sin embargo un cóctel de enzimas llamadas celulasas pueden descomponer la celulosa en sus unidades de azúcares, que si pueden ser fermentadas por microbios convirtiendo los azuceres en etanol (ver cuadro). Eso significa que la hierba, la paja y otros residuos de los cultivos agrícolas pueden ser convertidos en etanol. Esto se ha denominado como el ‘oro verde’ que podría reemplazar el ‘oro negro’ crudo, importado y que se ve como un potencial para reducir sustentablemente el consumo de combustibles fósiles.

“Por lo menos es tan factible como el uso de Hidrógeno como una fuente de energía para el sector de transporte sustentable”, dijo el Consejo de Defensa para los Recursos Nacionales (NRDC por sus siglas en inglés) y la Unión de Científicos Preocupados (UCC).

Shell Oil predijo que el mercado global de biocombustibles como ‘etanol celulosa’ crecería por encima de los \$10 billones para el 2012.

Un estudio financiado por la Fundación de Energía y la Comisión Nacional para Políticas Energéticas concluyó que “los biocombustibles junto con vehículos de mayor eficiencia y crecimiento inteligente podría reducir la dependencia del sector transportista en petróleo en dos tercios para el 2050 de forma sustentable”. ‘Crecimiento inteligente’ es un término de planificación que significa el crecimiento que maximiza el desarrollo sustentable de ciudades en relación a transporte y otras formas de reducir el uso de energía.

El etanol proveniente de la celulosa puede ser producido de una gran variedad de residuos agrícolas (maíz, cereal, caña de azúcar, etc.), los residuos vegetales de los procesos industriales (pulpa de papel, aserrín) y de cultivos energéticos como ‘switchgrass’.

Lee Lynd, catedrático ingeniero de Dartmouth, ha estado trabajando con la Planta de Papel Gorham, para convertir la pulpa de papel en etanol. Lynd dice que “esto es realmente un producto de costo negativo, y que el hecho de que esté pretratado elimina un paso en el proceso”.

La compañía Masada Oxynol está planificando la construcción de una planta en Middletown, Nueva York, para procesar los desechos municipales y convertirlos en etanol. Después de recuperar los reciclables, se empleará una hidrólisis ácida para convertir el material vegetal en azúcares. “La planta tendrá beneficios económicos como ambientales”, dijo David Webster, Vicepresidente de Masada. El proceso reduce o elimina la necesidad de rellenos. Entre los desechos del proceso se incluyen lignina y ceniza. La lignina será recuperada a través de la quema para hacer que la planta sea autosuficiente energéticamente y la ceniza pueda usarse como fertilizante.

## REDUCIENDO EL COSTO DE PRODUCCION

Las celulasas que se necesitan para descomponer la celulosa hasta ahora se obtienen de hongos, en particular de *Trichoderma reesei*. Científicos de NREL han investigado otras fuentes como la bacteria *Acidothermus cellulolyticus*, que han encontrado en las termas del parque nacional Yellowstone. Pero las bacterias exoglucanasa normalmente no son tan buenas como el hongo, aunque toleran temperaturas altas. El próximo paso es combinar tolerancia a altas temperaturas con la eficiencia del enzima del hongo. NREL y DOE han contratado las compañías de enzimas mas grandes, Genecor International y Novozymes para reducir los costos de producción de celulasas a un promedio de \$0.10- 0.20 por galón de etanol y lo han conseguido (1).

Otra mejora es en relación a la acción simultánea de la enzima y los microbios fermentadores, para que así mientras se vaya produciendo los azúcares por las celulasas los microbios vayan fermentando la glucosa convirtiéndola en etanol (3). La Corporación Logen en Ottawa, Canadá (4) fue la primera en desarrollar el

proceso de obtener etanol de celulosa. Ha construido la primera y única planta de demostración para convertir biomasa celulosa en etanol. La planta procesa 40 toneladas de paja de trigo por día, Logen se convirtió en la primera compañía en comercializar etanol de material vegetal en Abril del 2004. El principal consumidor hasta ahora es el gobierno canadiense, que junto con el gobierno de EE.UU. (particularmente el DOE's NREL) ha invertido millones de dólares para ayudar a comercializar la celulosa etanol.

## COMO LAS CELULASAS CONVIERTEN A LA CELULOSA EN RESERVAS PARA LA PRODUCCION DE ETANOL

La unidad cristalina de la celulosa esta compuesta por cientos de tiras, cada tira contiene cientos de unidades de glucosa unidas. La celulosa esta enrollada en una funda de hemicelulosa y lignina, que protege la celulosa de descomposición. La hemicelulosa es mas fácil de descomponer que la celulosa en si (2). Una combinación de calor suave, presión y acido descompone la hemicelulosa en sus componentes de mezcla de azúcares, principalmente silosa.

Científicos del laboratorio Nacional para Energía Renovable (NREL por sus siglas en ingles) del Departamento de Energía (DOE) usaron ácido sulfúrico para descomponer reaccionando con agua la funda de hemicelulosa-lignina, exponiendo la celulosa.

Para hidrolizar la celulosa químicamente se requiere de temperaturas y presión altas y ácidos fuertes, esto implica equipos bastante costosos; por lo cual se ha buscado enzimas celulasas, para que hagan el trabajo.

A diferencia de los seres humanos que no pueden digerir celulosa, las vacas, termitas y hongos si pueden hacerlo. Algunas bacterias, hongos e insectos producen celulasas, otros animales utilizan bacterias que producen celulasas en sus sistemas digestivos.

La mayoría de celulasas se forman de tres complejos de enzimas que trabajan juntos para hidrolizar la celulosa. Primero la endolucanasa descompone una de las cadenas dentro de la estructura cristalina de la celulosa, luego la exoglucanasa atrae una de las puntas sueltas y estira la cadena de celulosa destruyendo la estructura, cortando las unidades de celulosa en dos unidades de glucosa. Finalmente betaglucosidasa parte las dos unidades en dos moléculas de glucosa, que puede ser fermentada en etanol.

## ES EL ETANOL DE CELULOSA SUSTENTABLE?

Un estudio preliminar del ciclo de vida del etanol de celulosa mostró que se reduce en un 89% las emisiones de gases invernaderos sobre el uso de petróleo. En contraste etanol fermentado de azúcar reduce gases invernaderos

en un promedio de 13%. (5).

La producción de energía aparenta ser la mejor de todas, con una relación del 1,98 de inversión / ganancia, que significa que cada unidad de energía invertida produce casi 2 unidades de energía de ganancia por la producción de celulosa etanol; pero posiblemente esto es una exageración a causa de fallas en los procesos de contabilidad.

¿Puede la agricultura de EE.UU. sostener un sistema a gran escala de producción de etanol de celulosa? ¿Hay suficiente tierra? ¿Se puede producir suficiente biomasa sin impactar el costo de tierras agrícolas, compitiendo con la producción de alimentos y sin dañar el medio ambiente?

La respuesta a esta pregunta varía entre un no hasta un definitivo si, dependiendo de esfuerzos de investigación, tecnología innovadora y políticas gubernamentales (1).

Una propuesta estima que para producir 50 billones de galones de etanol por año de biomasa de celulosa, el flujo de residuos solo proporcionaría el 40 o 50% de la materia prima, el resto tendría que venir de cultivos energéticos como es el maíz y *switch grass*, que causaría grandes impactos al sistema agrícola.

Niveles mayores a esto produciría impactos en el costo de tierras agrícolas y competencia con la producción alimenticia.

Los Estados Unidos ha fijado la meta en el consumo de gasolina para carros y camiones para el año 2050 en 290 billones de galones.

Incrementando eficiencia de los vehículos a 50 mpg. o mas e incluyendo políticas de crecimiento inteligente, el consumo se podría reducir a 108 billones de galones para el año 2050.

Un informe de NRDC, *Growing Energy* (6) dice que el número de galones de etanol actualmente producido por cada tonelada seca de biomasa en los Estados Unidos es de 50 galones, o 208,93 litros (una pobre comparación en relación a 371,75 litros por tonelada del maíz (7)).

Si se podrían alcanzar las predicciones hechas para *switch grass* de 12,4 toneladas secas por acre (27,77 toneladas por hectárea) – que es mas del doble de la media actual de 5 toneladas secas por acre – entonces se estima que 114 Ha. dedicadas al cultivo de *switch grass* podrían proveer la suficiente biomasa para producir 165 billones de galones de etanol (equivalente a 108 billones de galones de gasolina).

Esto consumiría 26,4% de la producción total del los Estados Unidos, o el 12,2% total de la tierra agrícola, y seguramente impactaría la producción de alimentos.

Una idea para producir biocombustibles económica y eficientemente es desarrollar bio-refinerías, análogas a las refinerías de petróleo, donde el crudo es convertido en combustibles y productos secundarios como fertilizantes y plásticos. En el caso de las bio-refinerías, la biomasa de la planta produciría una diversidad de productos como comida para animal, combustibles, químicos, polímeros, lubricantes, pegamentos, fertilizantes y energía.

John Sheehan de NREL ha estado utilizando un simulacro en software para ver el diseño de la bio-refinería. Sheehan opina que el tema de la escala es un asunto importante. El ha descubierto que las bio-refinerías necesitarían procesar 5 000 a 10 000 toneladas de biomasa por día para ser viables económicamente. Por debajo de 2 000 por día, el costo de capital es alto.

Un estudio del DOE y USDA publicado en abril del 2005 concluye que bosques y tierras agrícolas tienen el potencial de proveer un incremento de 7 veces más de biomasa que actualmente es usado para energía de biomasa y productos – en exceso de 1,3 billones de toneladas secas – que es suficiente para satisfacer mas de una tercera para de la demanda actual para el uso de combustibles para el transporte.

Mas del 25% vendría del uso extensivo del manejo forestal y un 75% del manejo intensivo de tierras agrícolas. La mayoría de los recursos primarios sería de los residuos de la tala de Madera y tratamiento de combustibles (para reducir los peligros de incendios) de bosques, y los residuos de productos agrícolas de tierras agrícolas.

Estas cifras se basan entre otras cosas, en proyecciones (optimistas) del incremento de la producción de cultivos, especialmente en un 50 por ciento en los mayores productos para bioenergía, plantado en tierras sin uso incluyendo 8 m de acres que anteriormente usaban para el cultivo de soya.

Es evidente que a menos de que se reduzca el consumo de los niveles actuales, los biocombustibles de cultivos energéticos no podrán reemplazar combustibles fósiles sin impactar la producción alimenticia.

## FUTUROS DESARROLLOS

Otra dificultad es que 27% de la biomasa de la planta está compuesta por azúcares distintas a la glucosa, como hemicelulosa (por ejemplo la xilosa). Estas azúcares no son fermentadas por los microorganismos usuales.

La celulosa constituye un 40-50 por ciento del peso seco, y la hemicelulosa el 20-35%.

Lonnie Ingram, profesor de microbiología de la Universidad de Florida en el

Instituto de Alimentación y Agricultura, estuvo en los titulares (9) porque su equipo de investigación ha creado genéticamente un tipo de bacteria *E. coli* para producir etanol a partir xilosa (10). Se ha comercializado con la ayuda del DOE de EE.UU. La compañía, BC International Corp., que se encuentra en Dedham, Mass., tiene derechos exclusivos sobre el uso y licencia de esta bacteria genéticamente modificada.

Esta bacteria transgénica de *Escherichia coli* fue creada transfiriendo los genes necesarios para la fermentación de azúcares – decarboxilasa piruvato y alcohol deshidrogenado – de la bacteria *Zymomanas mobilis*, y xilosa fermentada produce etanol al 95% del nivel teórico (11).

Greg Luli, vice-presidente del equipo de investigación de BC International dijo que la compañía tiene planes de construir una planta para convertir 30 millones de galones de biomasa en etanol en Jennings - Louisiana, que se espera estará en funcionamiento para finales del 2006. Desechos de la industria de la caña de azúcar en Louisiana será la principal materia prima para la planta.

Se están llevando iniciativas paralelas a cabo en Europa. La compañía Suiza Etek Etholtekhnik AB anunció que abrirá una planta piloto para producir 400-500 litros de etanol diarios de 2 toneladas de biomasa seca (12). La planta está diseñada para realizar dos pasos, hidrólisis ácido diluido y una combinación con enzimas.

Aunque la materia prima es madera liviana, también se probaran otro tipo de biomasa como maderas duras y cultivos anuales como paja.

La planta piloto estará ubicada en Ornskildsvik en el norte de Suiza, cerca de una planta de etanol de sulfato de pulpa. Tres Universidades en la región – Universidad de Umea, Mid Sweden University y la Universidad Técnica de Lulea – tienen su planta propia.

#### AUN NO ES ECONOMICAMENTE VIABLE NI SUSTENTABLE

Uno de los problemas con la tecnología de fermentación de xilosa con bacterias, como resume el grupo de profesores del Instituto de Tecnología de Massachusetts (MIT) en un documento entregado al Comité de Energía de MIT (13), es que el etanol producido es bastante diluido, como máximo 5-6%, comparado con 12% del almidón del maíz fermentado por levadura.

La bacteria de Lonnie Ingram produce 4.5% de solución de etanol (14). La razón es porque algunos compuestos se acumulan durante la fermentación de la mezcla de azúcares de la biomasa inhibiendo el crecimiento bacterial.

En otras palabras, la bacteria produce cerveza y no vino; y el agua extra que se necesita y la energía extra para destilar el etanol convertiría el proceso en no

viable económicamente ni sustentable.

Los profesores del MIT también cuestionan si la idea de hacer una biorefinería para otros productos generados de la fermentación es viable económicamente. Proponen usar la biotecnología para crear microorganismos que puedan superar la inhibición en su crecimiento y de esta forma mejorar la producción de etanol a partir de biomasa.

Si hacen esto, se tendrán que asegurar de que no escape la bacteria al medio ambiente, y esto se aplica a cualquier otra bacteria que se genere para producir etanol de celulosa.

Hace algunos años, la científica de suelos Elaine Ingham y su estudiante Michael Holmes probaron una bacteria genéticamente modificada, *Klebsiella planetícola* que producía etanol de los desechos maderables (15) y encontraron que mataba a toda planta de trigo independiente de las condiciones (16).

## IMPACTOS AMBIENTALES DE LA PRODUCCION DE ETANOL

¿Es etanol realmente más limpio y más ambiental amigable que la gasolina? En una sesión del Senado de EE UU sobre el Acta Nacional de Combustibles y Químicos Sustentables de 1999, el NRDC presentó evidencias (17) que los productos generados de la combustión de etanol incluyen formaldehído y acetílico, los dos siendo cancerígenos; y que incrementando el uso de etanol podría incrementar los niveles ambientales de peroxiacetinitrato (PAN).

El acetaldehído esta listado como Contaminante Tóxico del Aire en California basado en evidencia de sus propiedades cancerígenas y PAN dice que este químico es “genotóxico (causa daño genético) y produce problemas respiratorios e irritante a los ojos, también puede producir daños pulmonares”.

El NRDC señaló que incrementando el uso de etanol en el combustible podría llevar a un aumento de la exposición a etanol vía inhalación, que podría resultar en una variedad de tóxicos asociados con la ingestión de etanol. También alertaron sobre las emisiones de nitratos óxidos y compuestos inflamables orgánicos que producen ozono.

Recientemente, Cal Hodge de la empresa Second Opinion Inc. reportó que niveles de ozono en la atmósfera han incrementado en California desde el 2003 asociados con el cambio del uso de etanol en un 10% en compuestos de gasolina un año atrás (19).

El exceso de ozono en La Costa Sur de California es dos veces mayor que en últimos tres años, mientras que la concentración máxima de ozono subió a un 22%. Este incremento en ozono se correlacionó con un incremento en las emisiones de óxido de nitrógeno y compuestos orgánicos volátiles, que no

fueron registrados por la Agencia de Protección Ambiental de EE.UU. (EPA).

El EPA aprobó el etanol en gasolina usando un modelo erróneo para sus pruebas, que no toma en cuenta el hecho que el etanol tiende a producir mas óxidos de nitrógeno, que suele escaparse de los tubos sellados del sistema de combustible de los vehículos y que reduce la eficiencia, por lo tanto, incrementa emisiones de gases. Se hace necesario un llamado para que “no se permita la expansión del uso” de etanol en la gasolina de los EE.UU.

#### BIODIESEL TIENE MAYORES IMPACTOS AMBIENTALES QUE EL DIESEL

- Se incrementa recursos primarios inorgánicos, para producir fertilizantes en un 100%
- Se incrementa desechos no radioactivos, principalmente gipsium, un producto generado por la producción de fertilizantes de fosfato en un 98%
- Se incrementa desechos radioactivos por el suministro de electricidad generada de las plantas nucleares en un 90%
- Se incrementa oxidantes fotoquímicos, especialmente hexano en soluciones basadas en extracción de aceites, en casi un 70%
- Se incrementa el uso de agua en un 30%
- Se incrementa la acidificación de los óxidos de nitrógeno y sulfato y amonio expulsados durante el crecimiento de cultivos de colza y también durante la combustión de biodiesel en un 15%.

=====

#### 4. EL BOOM DEL BIODIESEL EN EUROPA?

Mae-Wan Ho

REPORTES DEMASIADO OPTIMISTAS POR PARTE DEL INFORME DOE DE EE.UU.

Los EE.UU. tenían planes para crear biodiesel de soya por lo menos desde 1998, cuando se entregó al Departamento de Agricultura y al Departamento de Energía un análisis espectacular sobre su balance energético (1).

Se declaró que “la producción generada por el Biodiesel es de 3,2 unidades de energía comparado con cada unidad de energía fósil durante su ciclo de vida” y que reduce emisiones de CO<sub>2</sub> en un 78,45% comparado con el diesel.

Estas estimaciones fueron demasiado optimistas y no se relacionaban con otros análisis. Pero puede ser que este informe haya tenido una influencia mayor en el posterior desarrollo de biodiesel a nivel mundial.

El biodiesel en Europa es el combustible renovable dominante (2). Es bien

recibido por grupos ambientalistas como un combustible más limpio que el diesel. Un estudio profundo realizado por la Agencia de Protección Ambiental de EE.UU. (3) muestra que el biodiesel quema con mucho menos hidrocarburos, monóxido de carbono en desechos de gases de los vehículos, aunque si existe un incremento en óxidos de nitrógeno.

## EUROPA DA LA BIENVENIDA A LOS BIOCOMBUSTIBLES

Como parte de varias medidas para reducir la emisión de gases invernaderos, la Unión Europea (UE) está promocionando el uso de biocombustibles (2)

El actual Directivo de Biocombustibles para UE (2003) requiere que el 2% de energía para el transporte provenga de una fuente renovable, incluyendo biodiesel y bioetanol, incrementando esto al 5,75% para finales de 2010 y en un 20% para 2020.

Los combustibles para transporte producen alrededor de una cuarta parte de las emisiones de gases con efectos invernaderos de la UE y la demanda de diesel y gasolina está subiendo rápidamente. En el 2004, se consumió 270 millones de toneladas de combustibles fósiles, comparando con 180 millones de toneladas en 1985. Se calcula que para el año 2020, el consumo en combustibles llegará a 325 millones de toneladas.

El mercado de biodiesel se está promoviendo en Europa a través de excepciones de impuestos y metas nacionales. Alemania tiene el mayor consumo de biodiesel con 1,1 millones de toneladas en el 2004.

El Reino Unido redujo los impuestos sobre biodiesel en 20 peniques el litro en julio del 2002, promoviendo la inversión en este campo, aunque solo se consumió solo 0,3 millones de toneladas de biodiesel en el 2004.

Un nuevo informe de la UE (4) publicado en febrero de 2006 delinea una serie de medidas para promover los biocombustibles en la UE y en otros países industrializados.

Parece que no se va a cumplir la actual meta voluntaria de llegar al 5,75% del total del uso de combustible para el transporte para el 2010. El informe admitió que algunos aspectos de los biocombustibles no son sustentables, como por ejemplo, permitiendo que los agricultores cultiven remolacha para producir etanol en tierras puestas para descansar, o convertir vino en etanol.

Europa ha dominado la industria de biocombustibles. Hasta ahora representa el 90% de la producción global.

Europa produjo 2,4 millones de toneladas de biocombustibles en el 2004, lo que corresponde al 0,8% del consumo de gasolina y petróleo. 0,5 millones de

toneladas provienen de etanol y 1,9 m toneladas de biodiesel. La conola es la principal materia prima para el biodiesel, y constituyendo un poco mas del 20% de la total producción en la UE. (5)

En el 2003, se introdujo una ayuda especial para los cultivos energéticos, a través de las reformas a la Política Agraria Común, que paga 45 euros por cada hectárea, con una área máxima garantizada de 1,5 millones de hectáreas.

La fabricación de Biodiesel aparenta ser bastante simple empezando con aceite (6). Es un proceso químico de trans-esterificación en donde las grasas o aceites vegetales reaccionan con un alcohol simple como el metanol, en presencia de hidrógeno de sodio como catalizador. El metanol rompe los ácidos grasos del aceite para formar metil éster (biodiesel) y glicerina.

La glicerina es separada del combustible y vendida como un producto secundario (para hacer jabón, por ejemplo), mientras que el biodiesel se lava con agua y después se le seca.

El biodiesel también puede ser obtenido de los desechos de aceite utilizados para cocinar.

## EL CICLO DE ANÁLISIS IGNORA LOS COSTOS EXTERNOS

Un estudio realizado en Australia muestra que mientras que biodiesel producido de los residuos del aceite de cocina reduce la emisión de óxido de carbono en un 90%, el biodiesel producido de aceite de colza solo reduce emisiones en un 50% comparado con el diesel normal (7).

El grupo industrial para biodiesel del Reino Unido comisionó un estudio que muestra que la producción de biodiesel de colza “energéticamente muy positivo” con una relación energética de inversión - ganancia de 1,78 cuando se dejaba la paja en el campo; y con una relación aun mejor de 3,71 si la paja se utiliza para energía y la semilla se utiliza como fertilizante.

Pero se llegaron a estas estimaciones favorables usando una combinación de medidas dudosas. Por ejemplo, se infló la producción de aceite de colza por Ha a 4.08 ton/hectárea, cuando en el 2004 en el Reino Unido la media estaba en 2.9 ton/Ha. (9), asignando créditos energéticos ilegítimos al cultivo, y dejando a un lado la energía que se requiere para la construcción de edificios para el procesamiento y en maquinaria e implementos e ignorando muchos de los costos externos ambientales.

Unas investigaciones llevadas a cabo por el Instituto Flamenco de Investigaciones Tecnológicas, financiado por la Oficina Belga para las Ciencias, Tecnología y Asuntos Culturales y la Comisión Europea, contaron una historia diferente, redactado en el artículo presentado en la conferencia internacional

financiado por EPA de los EEUU en el 2000, (10) que dice :

“...el biodiesel causa más problemas a la salud y al medio ambiente porque genera más contaminación del aire y promueve la formación de ozono, genera más desechos y causa eutrofización”. Por lo tanto “los beneficios que otorgan el biodiesel en la reducción de gases con efecto invernadero, no justifican su uso tomando en consideración los impactos ambientales que causa....”

Las conclusiones generaron consternación en la comunidad que promueve el biodiesel.

Jon Van Gerpen de la Universidad de Iowa explicó (10) que la mayoría de evaluaciones del ciclo de vida del biodiesel ignoran los costos externos, sobre los cuales poco se ha escrito. Lo respaldó diciendo que mientras que el biodiesel reduce las emisiones de gases con efecto invernadero en un 40%, genera mayores impactos que el diesel en otras siete categorías de impacto ambiental que normalmente no se incluyen en la evaluación del ciclo de vida.

No dio su respaldo a la validez científica del análisis presentada en el artículo sobre biodiesel en relación a producción de colza en Bélgica, van Gerpen dijo que no se puede extrapolar a la producción de biodiesel de soya en los EE.UU. ya que en su opinión los impactos ambientales serían mínimos, aunque otros no comparten esta opinión.

La colza es en efecto, un cultivo relativamente caro, que requiere de frecuentes rotaciones y el uso extensivo de fertilizantes derivados del petróleo, generando preocupación sobre sus impactos ambientales. Se calcula que el costo de producción de biodiesel es el doble que el costo del diesel convencional (2). Solo para alcanzar la meta de 5,75% se necesitaría más de el 9% del área agrícola de los EE. UU.

## OTRAS FORMAS DE PRODUCCION DE BIODIESEL

El costo de biodiesel es bastante más bajo si los cultivos energéticos se producen en otros países (11).

La compañía británica D1 Oils está desarrollando grandes plantaciones de árboles de jatrofa (*Jatropha curcas*), un cultivo no comestible para aceites, en varios países del tercer mundo. Pero esta estrategia no hará nada para mejorar la seguridad energética de Europa (2).

No solo eso, sino que generará caos en la cadena alimenticia de los países del Tercer Mundo que ya tienen muchos problemas a causa del Mercado global.

British Petroleum ha anunciado (12) que financiará un monto de 9,4 millones de dólares para el proyecto The Energy and Resources Institute en Andhra Pradesh

– India, para producir biodiesel de jatropha. Se espera que el proyecto se demorará 10 años, e incluirá el cultivo de 8 000 hectáreas de jatrofa consideradas como “tierras vacías”, e instalará todos los equipos necesarios para aplastar las semillas, extraer los aceites y el procesamiento de 9 millones de litros de biodiesel anualmente.

Parte del proyecto incluirá un estudio completo de impacto ambiental y social en la producción, ciclo de vida y análisis de emisión de gases con efectos invernaderos.

“La jatrofa es resistente a sequías y puede crecer en tierras marginales, ofrece un potencial sustentable a nivel económico, social y ambiental contribuyendo a los retos energéticos de India”, dijo Phil New, el vicepresidente del grupo administrativo de los combustibles de BP.

El Director general de TERI, Dr. RK Pachauri dijo que se han hecho “desarrollos recientes que han hecho económicamente atractivo los combustibles verdes como una fuente potencial y para beneficios ambientales, generación de empleos y empoderamiento rural”.

La gran pregunta es que es lo que ellos consideran como tierras “marginales” y tierras “vacías”, y quien realmente se beneficia de la producción de biodiesel, sin tomar en cuenta los costos ambientales, que no se han incluido.

=====

## 5. PADRE NUESTRO MAÍZ

Werner Ovalle López

Yo tengo manos de maíz. En ellas  
reside un hálito terrestre,  
y palpitan misterios arcillosos  
con humedad de vegetales peces.

Yo tengo frente de maíz. Yo sueño  
la paz del surco iluminado y verde,  
coronado de cañas verticales  
como lineales templos de azúcar y de fiebre.

Yo tengo frente de maíz. Yo pienso  
con las venas acústicas y fuertes  
como un resucitado intemporal  
que escondiera su voz en los claveles.

Yo tengo labios de maíz. Yo canto  
sin la fría corola de la muerte  
y predico las alas de la harina

con una gran serenidad silvestre.

Yo tengo sueños de maíz. Yo vivo;  
hombre de ayer, de hoy, hombre de siempre.....

.....Nuestro atavismo vegetal es único:  
Maíz de amor, sustancia de las sienes.