

Etanol de celulosa

Una tecnología que puede resultar desastrosa



**Documento
informativo del WRM
Diciembre 2008**

Etanol de celulosa:

Una tecnología que puede resultar desastrosa

Documento Informativo del WRM – Diciembre 2008

La sustitución de combustibles fósiles por combustibles líquidos alternativos parecería ser una buena idea, en particular en el contexto del cambio climático. Tal sería el caso de la transformación de la celulosa contenida en organismos vegetales, en diferentes tipos de combustibles, entre ellos etanol líquido, que podría ser utilizado en el transporte como alternativa al uso de gasolina. Sin embargo, la manera en que este campo se está desarrollando muestra una serie de amenazas que requieren ser destacadas.

¿Qué es el etanol celulósico?

El etanol celulósico es un tipo de combustible producido a partir de la celulosa contenida en la biomasa de plantas tales como pastos, arbustos y árboles. La mayor parte de la masa de las plantas está compuesta de lignocelulosa, que incluye celulosa, hemicelulosa y lignina. La conversión de la celulosa en etanol implica dos pasos fundamentales: 1) cortar las largas cadenas de las moléculas de celulosa dejando así libres a la glucosa y otros azúcares y 2) fermentar esos azúcares para su conversión en etanol. En la naturaleza, tales procesos son llevados a cabo por diferentes organismos: hongos y bacterias que usan enzimas (celulasas) para “liberar” el azúcar contenido en la celulosa, y otros microbios, en particular levaduras, que fermentan los azúcares y los transforman en alcohol.¹

¹ http://www.technologyreview.com/read_article.aspx?id=17052&ch=biztech&a=f

¿Cómo se produce?

Hay muchas técnicas para convertir la biomasa en etanol, pero la mayoría se agrupa bajo dos tipos de enfoques:

Un enfoque involucra el uso de microorganismos como, por ejemplo, un tipo de bacteria llamada *Moorella thermoacetica*, que puede ser hallada en la naturaleza en numerosos sitios, entre los cuales se cuentan el aparato digestivo de las termitas y el rumen de las vacas. Las bacterias convierten el azúcar en ácido acético, que luego es transformado en acetato de etilo. El paso final para su conversión en alcohol requiere el agregado de energía bajo la forma de hidrógeno, que puede obtenerse utilizando la lignina, que a través de su gasificación se convierte en una mezcla de gases rica en hidrógeno. El hidrógeno se combina con el acetato de etilo y se transforma en alcohol.²

Un segundo enfoque consiste en combinar la producción de pulpa para papel con la producción de etanol en las propias fábricas de celulosa, en lo que se ha denominado “biorefinerías”. El principal componente de la madera de los árboles es la celulosa, en tanto que el segundo es el polisacárido xilán, contenido principalmente en la hemicelulosa. Este componente puede ser separado y fermentado para producir etanol. El proceso involucra calor y flujos de agua presurizada sobre una cama de astillas de madera para separar la celulosa. Luego el agua es forzada a través de una membrana que remueve los azúcares y el ácido acético, que posteriormente son fermentados para producir alcohol.³

Los actores involucrados

En el momento actual hay un conjunto de actores activamente involucrados en el desarrollo de etanol celulósico. Los siguientes son

² <http://www.technologyreview.com/Energy/20151/>

³ <http://www.csmonitor.com/2005/0505/p17s01-sten.html>

apenas algunos ejemplos para ilustrar la diversidad de quienes aspiran a beneficiarse de este desarrollo.

La industria de la celulosa y el papel

Masood Akhtar, un miembro del consejo de TAPPI, una asociación técnica de la industria de la celulosa y el papel, afirma que las biorefinerías tienen “el potencial de duplicar las ganancias de la industria a través de la producción *in situ* de productos de valor agregado de la biomasa, al mismo tiempo que continúan elaborando sus productos convencionales de papel”.

⁴

No llama entonces la atención que International Paper, la mayor empresa mundial de papel se haya involucrado en esta oportunidad de negocios y esté trabajando con la Universidad Estatal de Nueva York y otros actores para producir etanol a partir de la madera.⁵

Stora Enso y Neste Oil están produciendo etanol mediante la gasificación de biomasa (en este caso a partir de residuos de madera de la fábrica de celulosa de Stora Enso), que se convierte en dióxido de carbono y un gas rico en hidrógeno llamado syngas, el cual luego es licuificado en etanol a través de un proceso tipo Fischer-Tropsch.⁶

Abastecedores de tecnología a la industria de la celulosa

La creación de una organización llamada Biorefinery Deployment Collaborative muestra a través de su membresía el involucramiento de un conjunto de grandes actores tanto del área de la tecnología de la celulosa (Andritz, Metso Power, Pöyry, ThermoChem Recovery International, Voith Paper) como de la propia industria de la celulosa (International

⁴ <http://republicans.resourcescommittee.house.gov/archives/ii00/archives/108/testimony/2004/masoodakhtar.pdf>

⁵ <http://www.csmonitor.com/2005/0505/p17s01-sten.html>

⁶ <http://news.mongabay.com/bioenergy/2007/03/stora-enso-and-nesto-oil-partner-on.html>

Papers, MeadWestvaco, Flambeau River Paper, Parsons and Whittimore).

⁷

De acuerdo a un representante de una de las empresas miembro de dicha organización (ThermoChem Recovery International), “el interés por biorefinerías termoquímicas o integradas se está volviendo cada vez más grande, como una bola de nieve”. La misma fuente dice que “el modelo resulta interesante para las empresas de la pulpa y el papel porque crea nuevos rubros de valor para fábricas que han luchado por más de una década para mantenerse globalmente competitivas”. Esto podría lograrse “utilizando biotecnología para extraer la hemicelulosa y para convertir lo que hoy es percibido como un residuo, en una materia prima que puede ser usada para la producción de etanol y productos químicos”.⁸

Del otro lado del Atlántico, la empresa sueca CHEMREC, que opera en el campo de la tecnología de gasificación del licor negro afirma que “esta tecnología ya ha madurado en un concepto comprobado que ofrecemos en términos comerciales a fábricas que buscan expandir sus operaciones e ingresar al nuevo paradigma de fábricas de celulosa: la Biorefinería”.⁹ Si se adopta este nuevo “paradigma”, CHEMREC dice que “el potencial global para la producción de biocombustibles es del orden de un equivalente a 225 millones de barriles de petróleo por año” y que los ingresos anuales por combustibles podrían representar “más de 1/3 del total de ingresos de la industria de la celulosa”.¹⁰

Las industrias del petróleo y la energía

La empresa Shell “ya es la mayor distribuidora de biocombustibles del mundo”. Entre otras inversiones, Shell está involucrada en Iogen, una

⁷ <http://www.biorefinerydc.org/Members.html>

⁸ <http://www.tri-inc.net/common/New%20Biorefinery%20Model%20Would%20Link%20Chemical,%20Forestry%20Companies.pdf>

⁹ <http://www.chemrec.se/Page78.aspx>

¹⁰ <http://www.chemrec.se/Technology.aspx>

empresa canadiense que se aseguró una donación de US\$80 millones del gobierno de los Estados Unidos para instalar en Idaho una planta que producirá etanol celulósico a partir de residuos vegetales y paja.¹¹

La empresa con sede en Boston Mascoma Corporation “es líder en tecnología de avanzada en combustibles con baja emisión de carbono” y se encuentra actualmente “difundiendo tecnologías avanzadas que permiten la elaboración de combustibles a partir de una serie de insumos no alimenticios. Mascoma está desarrollando instalaciones de producción tanto demostrativas como comerciales a escala global”. General Motors y la petrolera Marathon Oil tienen inversiones en Mascoma.¹²

En 2008, la empresa petrolera Chevron y la compañía forestal Weyerhaeuser lanzaron un emprendimiento conjunto (Catchlight Energy) para desarrollar combustibles renovables a partir de la madera. Catchlight Energy investigará y desarrollará tecnologías para convertir biomasa celulósica en “biocombustibles económicos y con bajas emisiones de carbono”. De acuerdo con una información de prensa, “el emprendimiento se centrará en desarrollar tecnologías para transformar la madera y otras fuentes de celulosa en combustibles limpios para autos y camiones”.¹³

La industria biotecnológica

La producción de etanol celulósico ha atraído a importantes actores de la biotecnología que se enfocan en dos niveles diferentes: la materia prima (los árboles) y la transformación de la biomasa en etanol (enzimas y microorganismos).

¹¹ http://business.timesonline.co.uk/tol/business/industry_sectors/natural_resources/article1459141.ece

¹² <http://www.mascoma.com/news/pdf/Mascoma%20DOE-Michigan%20funding%20announcement%20joint%20release%20FINAL%2010%207%2008.pdf>
<http://www.tennesseeanytime.org/energy/node/491>

<http://www.autobloggreen.com/2008/05/01/gm-to-invest-in-mascoma-cellulosic-ethanol-project/>

¹³ <http://www.eleconomista.es/noticias/noticias/386718/02/08/Weyerhaeuser-and-Chevron-form-biofuels-joint-venture.html>

Parte de la investigación en manipulación genética de árboles se enfoca en la modificación de la madera para facilitar su conversión en etanol. Los cuatro principales países donde se está llevando a cabo este tipo de investigación son Bélgica, Francia, Suecia y los Estados Unidos. Sin embargo, también se está investigando mucho en esos y otros países para incrementar el nivel de celulosa en la madera y disminuir el porcentaje de lignina como forma de abaratar los costos de producción y blanqueo de la celulosa. Aunque apuntando a otro objetivo, tal tipo de investigación también sería beneficioso para la producción de etanol a partir de la madera.¹⁴

En lo referente a la conversión de biomasa en etanol, un conjunto de empresas está seleccionando o manipulando genéticamente diferentes organismos para producir etanol.

Este campo ya ha atraído a actores que representan a la gran industria química (DuPont), a la gran industria petrolera (Shell) y a la gran industria agrícola (Syngenta). Cada una de ellos se ha aliado a pequeñas empresas como Verenum Corp, Codexis Inc. y Novozymes, apuntando al creciente mercado de “cocktails de enzimas”, capaces de producir etanol más rápido y más barato.¹⁵

El escenario prevaleciente

Todo lo anterior muestra claramente que el escenario prevaleciente no está enfocado en la producción de etanol a pequeña escala a partir de un conjunto de diversas fuentes de biomasa disponibles a nivel local, sino en la producción y comercialización centralizada y a gran escala, involucrando a grandes empresas y manipulación genética.

¹⁴ http://www.wrm.org.uy/publicaciones/Etanol_sp.pdf

¹⁵ http://bioenergy.checkbiotech.org/news/2007-07-10/Big_business_bets_on_bio-refineries_for_nations_fuel_needs/

En ese escenario, la madera de los árboles se convierte en el principal candidato para servir como materia prima a ser extraída tanto de bosques como de plantaciones industriales de árboles. Thomas Amidon, un profesor de la Universidad Estatal de Nueva York, que desarrolla sus tareas en el Colegio de Ciencias Ambientales y Forestales (un centro de investigación que trabaja en colaboración con las empresas International Paper y Lyonsdale Biomass), explica por qué: “la madera es un cultivo permanente que puede ser cosechado en cualquier mes del año. Es relativamente densa y lenta en descomponerse, lo que facilita su transporte y almacenamiento. Las operaciones industriales a gran escala necesitan funcionar durante todo el año para ser económicamente rentables y el uso de la madera como materia prima permite eso”.¹⁶ Esto explica por qué el etanol celulósico ha sido también llamado “treethanol” (árbol etanol).

Un argumento adicional para la promoción del etanol celulósico es que la celulosa “se encuentra en casi cualquier planta, árbol y arbusto que crece en la naturaleza; en campos, bosques y tierras agrícolas de todo el mundo, sin que se requiera ningún esfuerzo o costo para hacerla crecer”.¹⁷

Las principales amenazas

La producción de etanol implica entonces un conjunto claro de amenazas:

Mayor deforestación y más intensa

De acuerdo con la FAO, “el potencial para la producción comercial a gran escala de biocombustibles de celulosa provocará impactos sin precedentes en el sector forestal”.¹⁸ En muchas regiones del mundo la madera aún abunda en los bosques. Para las empresas madereras, el etanol podría ser una oportunidad de negocios adicional, que les permitiría incrementar sus ganancias mediante la intensificación del madereo “sin que se requiera

ningún esfuerzo o costo” para hacer crecer la madera.¹⁹ Todos los árboles cuya madera hoy no tiene valor de mercado y que quedan en pie luego del madereo podrían convertirse en una valiosa materia prima para la producción de etanol. Lo mismo sucedería con gran parte de la madera que en la actualidad se deja para que se descomponga en el bosque luego de las operaciones madereras, y cuya remoción para su conversión en etanol podría ser ahora rentable. Todo esto implicaría una intensificación de la deforestación, así como una mayor pérdida de nutrientes a nivel del suelo. Otros bosques, que por diferentes razones hoy no son económicamente atractivos para el madereo comercial, podrían convertirse en una fuente de materia prima para la producción de etanol celulósico, por lo que aumentaría la deforestación.

Mayor expansión de plantaciones de monocultivos de árboles

Las plantaciones a gran escala de monocultivos de árboles son obviamente el candidato más estratégico para la producción de grandes volúmenes de materia prima. Como lo explica la FAO, “aumentará la demanda de madera como fuente de energía, especialmente si la producción de biocombustibles celulósicos resulta comercialmente viable; es muy probable que esa situación dé origen a muchas mayores inversiones en [sic] bosques plantados.” (terminología de la FAO para referirse a las plantaciones de árboles).²⁰

Los árboles a ser plantados serían seleccionados entre los más adecuados para la producción de etanol, la materia prima sería homogénea para facilitar el proceso industrial, la fertilización química y el uso de plaguicidas y herbicidas asegurarían su supervivencia y rápido crecimiento, mientras que la mecanización facilitaría las operaciones de manejo y cosecha. Como resultado, la materia prima sería abundante, homogénea y barata. Sin embargo, desde una perspectiva social y ambiental, tales plantaciones ocuparían vastas áreas de tierra, desplazarían

¹⁶ <http://www.csmonitor.com/2005/0505/p17s01-sten.html>

¹⁷ <http://www.csmonitor.com/2005/0505/p17s01-sten.html>

¹⁸ <ftp://ftp.fao.org/docrep/fao/011/i0350e/i0350e00c.pdf>

¹⁹ http://en.wikipedia.org/wiki/Cellulosic_ethanol

²⁰ <ftp://ftp.fao.org/docrep/fao/011/i0350e/i0350e00c.pdf>

a comunidades locales, tendrían graves impactos sobre los medios de vida de las personas, así como sobre aguas, suelos y biodiversidad. Tales impactos han sido bien documentados en todos los países en los que dichas plantaciones han sido establecidas y se puede acceder a dicha información en www.wrm.org.uy bajo las secciones “por país” y “por tema” (“Plantaciones para pulpa y papel y madera”), así como en “Publicaciones del WRM”.

Árboles genéticamente modificados

La utilización de árboles genéticamente modificados sería otro paso para abaratar aún más la producción de materia prima y los procesos industriales para convertir la madera en etanol. Ya se están llevando a cabo investigaciones que apuntan a ese objetivo, incluso ensayos de campo. Es importante señalar que las plantaciones de árboles transgénicos no sólo plantearían el riesgo de contaminar a los árboles del bosque con polen de árboles genéticamente modificados, sino que también exacerbarían todos los impactos de los actuales monocultivos industriales de árboles. Por definición, árboles que crecen más rápido acabarán más rápido con las fuentes de agua; habrá una mayor destrucción de la biodiversidad en los desiertos biológicos de árboles modificados genéticamente para que sean resistentes a los insectos, que no produzcan flores, frutos o semillas; el suelo se destruirá más rápidamente por la extracción creciente de biomasa; la mecanización intensiva eliminará aún más puestos de trabajo; el creciente uso de agrotóxicos afectará la salud de las personas y de los ecosistemas; y más comunidades desplazadas para dejar lugar a aún más “desiertos verdes” serán despojadas de sus medios de vida.²¹

Enzimas y microorganismos genéticamente modificados

El peligro resultante del uso de enzimas y microorganismos genéticamente modificados para convertir la celulosa en azúcares es aún más aterrador.

²¹ http://www.wrm.org.uy/temas/AGM/documento_AGM.pdf

Alan Shaw, presidente de Codexis, empresa dedicada al “desarrollo de enzimas”, es citado diciendo que si la tierra hubiera creado enzimas capaces de degradar rápidamente la celulosa, “todos nuestros bosques serían lagos de sustancias pegajosas”. A pesar de ello, su empresa “diseña enzimas desde cero”. De allí se desprende que si llegara a ocurrir un accidente, dichas enzimas tendrían el potencial de convertir los bosques en “lagos de sustancias pegajosas”.²²

Un buen ejemplo de lo que están haciendo los investigadores queda ilustrado en un artículo publicado bajo el título que en castellano puede traducirse como “rediseñando la vida para producir etanol”. Luego de haber entrevistado a varias personas involucradas en investigación sobre etanol, el periodista resume el objetivo al que apuntan: “el organismo ideal haría todo: degradar la celulosa como una bacteria, fermentar el azúcar como una levadura, tolerar altas concentraciones de etanol y dedicar la mayor parte de sus recursos metabólicos a la producción de etanol. Existen dos estrategias para crear tal organismo multipropósito. Una consiste en modificar un microbio existente, incorporándole las cualidades genéticas deseadas a partir otros organismos y eliminando las no deseadas; la otra consiste en partir de una célula sintética elemental e incorporarle un genoma hecho a medida, casi a partir de la nada”.²³

Otros tipos de amenazas

Nueva vida para la industria de la celulosa y el papel

Es importante destacar que la industria de la celulosa y el papel ya tiene acceso o es propietaria de amplias áreas de bosques y/o plantaciones. La producción de etanol podría ser un subproducto que la ayudaría a abaratar la producción de celulosa y por ende a expandirse aún más. Esto

²² http://bioenergy.checkbiotech.org/news/2007-07-10/Big_business_bets_on_bio-refineries_for_nations_fuel_needs/

²³ http://www.technologyreview.com/read_article.aspx?id=17052&ch=biztech&pg=1

provocaría un incremento del maderero en los bosques o la expansión de las plantaciones de monocultivos de árboles o ambos.

Más poder a las grandes empresas

La energía no es solo un tema tecnológico sino también una cuestión de poder. Para empresas como Shell, por ejemplo, poco importa si sus productos son ambientalmente sanos o no. Lo que importa es la rentabilidad, que a escala global solo es posible a través del poder. Tal poder es alcanzado, entre otras cosas, a través de la centralización y la concentración. Lo mismo puede ser dicho de otras grandes empresas ahora involucradas en etanol celulósico, tales como International Paper, General Motors, Dupont, Syngenta.

Conglomerados más poderosos

Las empresas involucradas no solo se están volviendo más poderosas, sino que al mismo tiempo están haciendo alianzas estratégicas que las harán aún más fuertes. Por ejemplo, el matrimonio entre las industrias del petróleo, del automóvil, de la celulosa y el papel y de la biotecnología, sin duda acrecentará su poder.

Mayor escala y concentración

De acuerdo con la forma en que este negocio se viene desarrollando, la materia prima se obtendrá tanto a través del maderero a gran escala de bosques como de plantaciones a gran escala de árboles, en su mayoría instaladas en el Sur. Como resultado de esto, tanto los recursos boscosos como las tierras quedarían directa o indirectamente concentradas en manos de grandes empresas. Al mismo tiempo, la producción y distribución del etanol celulósico se concentraría en unas pocas grandes empresas con la necesaria capacidad técnica y financiera para la producción y distribución a gran escala, así como acceso al redituable mercado energético del Norte industrializado.

Menos inversión en tecnologías mejores

Tal como lo plantea Scot Quaranda de la estadounidense Dogwood Alliance: “el etanol celulósico es una falsa solución, que debería ser dejada de lado para dar lugar a soluciones más positivas. Los biocombustibles han servido como una distracción y han desviado fondos que podrían haberse utilizado en tecnologías más comprobadas o prometedoras en las áreas de conservación y eficiencia energética, en energía solar, eólica y en base a hidrógeno, entre otras”.²⁴

Manipulando a la opinión pública

Como de costumbre, las empresas que aspiran a obtener ganancias de este nuevo proceso están usando una serie de argumentos para manipular al público no informado.

Uno de sus principales argumentos consiste en destacar que, a diferencia de otros agrocombustibles tales como los basados en maíz o caña de azúcar, el etanol celulósico “no está compitiendo por tierras agrícolas o productoras de alimentos”.²⁵

Otro argumento es que ayuda a evitar el cambio climático, porque “ la quema de un galón de etanol ... poco agrega al total de carbono en la atmósfera, dado que el dióxido de carbono liberado en el proceso es prácticamente equivalente al carbono absorbido por las plantas usadas para producir el siguiente galón”.²⁶

Ambos argumentos podrían ser convincentes si no fuera porque:

- la mayoría de las empresas involucradas ya están ocupando o degradando tierras agrícolas en todo el mundo para producir productos no alimenticios

²⁴ <http://pressroomda.greenmediatoolshed.org/sites/default/files/Forest4Fuel08.pdf>

²⁵ <http://www.chemrec.se/Technology.aspx>

²⁶ http://www.technologyreview.com/read_article.aspx?id=17052&ch=biztech&pg=1

-
- gran parte del etanol se produciría a partir de plantaciones industriales de árboles, con la consiguiente ocupación y degradación de tierras agrícolas
 - el madereo de bosques para obtener madera para etanol provocaría enormes emisiones de dióxido de carbono
 - el reemplazo de ecosistemas nativos por plantaciones, trátase de bosques o praderas, también provocaría grandes emisiones de dióxido de carbono

¿Hay lugar para el etanol celulósico?

Al menos en teoría, el etanol celulósico puede ser una buena idea. Sin embargo, buenas ideas en las manos equivocadas pueden terminar siendo un desastre y es claro que ésta ya ha caído en algunas de las peores manos posibles del mundo.

Para que el etanol celulósico pueda jugar un papel positivo se requiere que cumpla con algunas condiciones simples, las principales de las cuales serían:

- que se produzca y use localmente
- que se trate de operaciones a pequeña escala
- que se base en recursos disponibles a nivel local
- que la principal materia prima utilizada sean los desperdicios
- que su producción y comercialización sean descentralizados
- que sea parte de un conjunto de fuentes diversas de energía localmente disponibles
- que no implique la manipulación genética de organismos vivos

Tales condiciones son imposibles de cumplir en el actual escenario dominado por corporaciones de alcance global. Dentro de tal contexto, el etanol celulósico debe ser por tanto denunciado como una falsa solución que debería dejarse de lado para favorecer el desarrollo de alternativas más positivas.
