

# Bagazo de agave y “looseninas”; Alternativas para la producción de bioetanol

**Jorge Luis Folch Mallol,**

Centro de Investigación en Biotecnología, UAEM

**Rosa Estela Quiroz Castañeda**

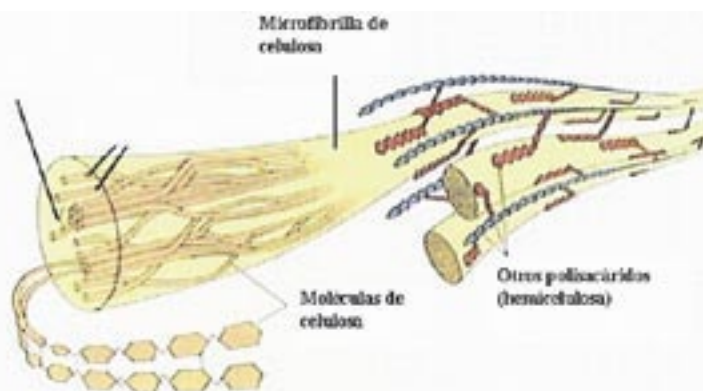
Centro de Investigación en Biotecnología, UAEM

**Alfredo Martínez Jiménez**

Instituto de Biotecnología de la UNAM Campus Morelos

Miembro de la Academia de Ciencias de Morelos

El petróleo es la fuente de combustible fósil más utilizada en el mundo, éste se emplea para generar electricidad, combustibles para el transporte y una amplia variedad de solventes y materiales plásticos que ocupamos cotidianamente. Sin embargo, el petróleo es una fuente energética no renovable y en algún momento se agotará. Además, la quema de combustibles fósiles está liberando a la atmósfera reservas de carbono que se encontraban “capturadas” en el subsuelo en forma de hidrocarburos. Durante el ciclo del carbono, éste es introducido a partir del bióxido de carbono ( $CO_2$ ) atmosférico a los seres vivos gracias a la energía solar que es utilizada en la fotosíntesis para fabricar azúcares en organismos fotosintéticos como las plantas, microalgas, macroalgas y cianobacterias (ver por ejemplo, P. Karaunakaran Nair, “La energía solar: una riqueza para todos”, La Unión de Morelos, 24 de octubre de 2011). Estos azúcares son consumidos y degradados hasta  $CO_2$  y agua



**Figura 1. Estructura de las fibras de celulosa. Imagen tomada de Purves et al., Life: The Science of Biology, Cuarta edición, Sinauer Associates (www.sinauer.com) y WH Freeman (www.whfreeman.com)**

por otros organismos en el proceso llamado respiración, en el cual se recupera una parte de la energía originalmente proporcionada por el Sol. El incremento del  $CO_2$  en la atmósfera, que resulta de la combustión del petróleo (incluyendo combustibles derivados de éste, tales como la gasolina, diesel, combustóleo y turbosina, entre otros) contribuye al calentamiento global del planeta y al cambio climático. Si a esto se suman los problemas de contaminación ambiental, ocasionados también por el uso del petróleo, queda claro que deben buscarse alternativas al uso de combustibles fósiles que reduzcan las emisiones de  $CO_2$ , generen menos contaminantes y además que sean renovables. Para esto existen opciones, mediante tecnologías alternativas y renovables, que permiten obtener energía eléctrica a partir del viento, del agua almacenada en

presas o del Sol (ver por ejemplo, C. Arancibia y C. Estrada, “La Energía Solar Concentrada – Primera y Segunda Partes, La Unión de Morelos, 12 y 19 de diciembre de 2011), entre otras. Una opción para obtener combustibles líquidos alternativos es la generación de bioetanol, es decir, etanol producido mediante procesos biológicos. En la actualidad Estados Unidos y Brasil son los países con la tecnología más avanzada para la producción masiva de bioetanol a partir de almidón de maíz y caña de azúcar, respectivamente (ver por ejemplo, I. Muñoz y A. Martínez, “El alcohol como biocombustible: El ejemplo brasileño”, La Unión de Morelos, 26 de diciembre de 2011). Esto implica que gran parte de la cosecha de estos cultivos sea destinada a un fin no alimenticio (otros cultivos alimenticios que también se han utilizado son la remolacha, el

sorgo y el trigo). La producción de bioetanol a partir de granos o azúcar de caña o remolacha, plantea entonces problemas éticos y socioeconómicos que es necesario subsanar. Para resolver este problema, en la actualidad se están estudiando otras materias primas para la producción de bioetanol, como la biomasa vegetal, la cual se refiere a las plantas y a los materiales derivados de ellas que no son utilizados como alimentos; por ejemplo fibras, tallos, bagazos, rastrojos, etc. Las plantas son fábricas naturales, en las cuales la energía del Sol y el  $CO_2$  son almacenados en forma de azúcares contenidos en todas las estructuras vegetales, principalmente en la cubierta que rodea a las células vegetales, es decir, la pared celular, la cual constituye el material biológico más abundante en el planeta y que es conocido con el nombre genérico de “biomasa”.

La pared celular vegetal está formada principalmente por tres polímeros llamados celulosa, hemicelulosa y lignina. La celulosa y la hemicelulosa están constituidas de azúcares enlazados de tal manera que su separación, para obtener azúcares susceptibles de ser fermentados, es muy difícil. La lignina es un compuesto que protege a la celulosa y hemicelulosa del ataque de microorganismos. En la naturaleza se generan y acumulan anualmente grandes cantidades de biomasa que provienen de residuos agroindustriales y desechos forestales. Parte de este material de forma natural es utilizado como alimento por microorganismos como bacterias y hongos. ¿Por qué es tan difícil degradar la celulosa? Esto se debe básicamente a su forma tridimensional. Las moléculas de glucosa que constituyen a la celulosa se enlazan primero entre ellas formando largas cadenas. Estas cadenas a su vez se acomodan en el espacio formando

fibras muy compactas que impiden la entrada de agua o de enzimas que pudieran cortarla al interior de la fibra, podríamos imaginarnos esta estructura como si fuera un mecate grueso, en donde los hilillos del mecate corresponderían a las fibras individuales de celulosa (ver figura 1). Afortunadamente en la naturaleza existen los hongos, los cuales son organismos que obtienen su alimento de materia orgánica del entorno que los rodea. Algunos de los materiales que pueden descomponer para alimentarse son la hemicelulosa y celulosa, que, como ya se mencionó, forman parte de la pared celular vegetal. Cuando los hongos degradan la celulosa se liberan grandes cantidades de glucosa, un azúcar que algunos microorganismos, como las levaduras, pueden fermentar y transformarlo en etanol. Sin embargo, son pocos los organismos en la naturaleza que son capaces de degradar la celulosa. Uno de los hongos más estudiados es *Trichoderma reesei*, un hongo que habita en el suelo y que descompone sólo parcialmente la biomasa vegetal para alimentarse; por otro lado, existen otros hongos llamados basidiomicetos que son considerados los expertos en degradar todos los componentes de la pared celular vegetal, debido a que poseen una gran cantidad de enzimas, esto es catalizadores biológicos, entre ellos celulasas, xilanasas y ligninas, que son liberadas al medio en contacto con la biomasa para poder degradarla y alimentarse. Estos hongos son fáciles de identificar porque forman las “sombrillas” que se pueden observar creciendo en el suelo de los jardines o en los troncos de los árboles formando repisas (ver figura 2).

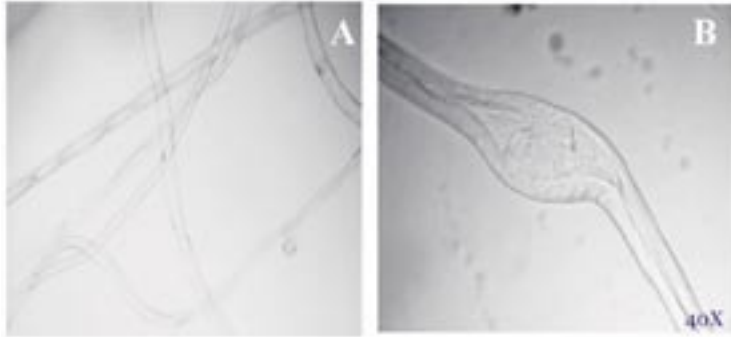
Las enzimas que son capaces de separar las moléculas de glucosa presentes en la celulosa se llaman celulasas, pero éstas son



**Figura 2. Hongos Basidiomicetos del bosque de Zempoala, Morelos (Fotografías cortesía de Danij Ehreberg Folch).**



¿Comentarios y sugerencias?, ¿Preguntas sobre temas científicos? CONTÁCTANOS:  
editorial @acmor.org.mx



**Figura 3.- Fotografías en el microscopio que muestran el desarreglo de la estructura de una fibra de algodón (celulosa) por la acción de la loosenina. Panel A: fibras sin tratamiento. Panel B: acercamiento de una fibra desordenada después del tratamiento con loosenina.**

muy ineficientes cuando se trata de cortar fibras de celulosa muy compacta. En el laboratorio de Biología Molecular de Hongos, del Centro de Investigación en Biotecnología de la Universidad Autónoma del estado de Morelos, a cargo del Dr. Jorge Luis Folch, se estudian hongos basidiomicetos como *Pycnoporus sanguineus* y *Bjerkandera adusta* para identificar enzimas y proteínas con potencial uso para la degradación de biomasa vegetal, principalmente desechos agrícolas. En particular, en el hongo *Bjerkandera adusta* el grupo de trabajo ha identificado una proteína que tiene la capacidad de modificar el arreglo compacto de la estructura de la pared celular ya que separa las fibras de celulosa "deshilachando el mecate". Las fibras sueltas son así susceptibles de ser cortadas por las celulasas con mayor facilidad.

Proteínas con esta actividad solamente se habían descrito en plantas (llamadas "expansinas" porque al desestabilizar la pared celular permiten la expansión celular) y recientemente en algunos hongos del género *Trichoderma* y *Aspergillus* (llamadas *swolleninas*, del inglés *swell*, "hinchar", ya que "hinchan" las fibras vegetales al desordenar su estructura y permitir la entrada de agua); sin embargo, en los hongos basidiomicetos no había reportes de que tuvieran este tipo de proteínas. En el laboratorio del Dr. Folch se demostró que esta proteína, a la que llamaron "loosenina" (del inglés *loose*, "aflojar"), es capaz de desarreglar la estructura ordenada de fibras de algodón (ver figura 3). Como consecuencia de este cambio en la estructura de las fibras de celulosa, el tratamiento con *loosenina* también es capaz de favorecer la acción de celulasas, permitiendo la liberación de glucosa a partir de fibras de algodón. Otros resultados pro-

metedores se obtuvieron al tratar un residuo agrícola natural: la fibra de agave. Este material es investigado en el Laboratorio de Ingeniería de Vías Metabólicas del Instituto de Biotecnología de la Universidad Nacional Autónoma de México; el agave constituye una planta de la cual se obtienen bebidas alcohólicas que dan identidad nacional; anteriormente se utilizaron también de forma intensiva para obtener fibras como el henequén. Actualmente, en el Laboratorio del Dr. Martínez los agaves son investigados para ser usados de forma integral, para obtener diferentes tipos de azúcares que pueden ser fermentados en su totalidad por organismos etanológicos a alcohol. De tal forma que el bagazo de agave, esto es el residuo de fibra vegetal de las fábricas de producción de tequila y mezcal, ha sido tratado para obtener azúcares de la hemicelulosa y la celulosa remanente es hidrolizada con celulasas comerciales a glucosa. En este punto convergen los proyectos de ambas instituciones y como esta celulosa es relativamente difícil de degradar, con ayuda de la *loosenina* se ha logrado "aflojar" la estructura de la celulosa del agave para permitir una mejor acción de las celulasas y la obtención de glucosa a una mayor velocidad.

Estos resultados impulsan a seguir explorando el mundo de las proteínas de los hongos y de los residuos agroindustriales abundantes en el país, ya que tal vez en un futuro no muy lejano puedan ser usados para producir bioetanol de una manera sostenible y sin competencia alimentaria.




**Traen para ti la premiere de...**



**Para ganar un pase doble:**  
Mándonos un correo con las respuestas a la siguiente trivía los primeros minutos del miércoles **18 de enero**.

- 1.- ¿Cuál es el nombre de la organización espía a la que pertenecía la pareja en la primera película?
- 2.- Menciona los nombres completos de las cuatro películas que pertenecen a la serie de Mini Espías.
- 3.- Menciona el nombre de la distribuidora que nos trae esta premiere.

**19 DE ENERO  
18 HRS.  
CINEPOLIS GALERÍAS**

**La Unión, el periódico más leído en Morelos.**

Para actividades recientes de la Academia y artículos anteriores puede consultar:  
[www.acmor.org.mx](http://www.acmor.org.mx)

El Instituto de Cultura de Morelos presenta a:

El mejor humorista cubano **Alejandro García**

**VIRULO**

Presentación su nuevo espectáculo:

**"Virulo explora con Dora (la exploradora)"**

• **Matís Ocampo**

**Jueves 26  
Viernes 27  
Sábado 28**

Fuente Magna  
Centro Cultural  
Jardín Borda  
20:00 hrs.

**ENERO 2012**



Entrada General: \$170.00 • Con descuento: \$150.00

INFORMES: Tel. 242 4217 • [romaniara03@hotmail.com](mailto:romaniara03@hotmail.com)

[www.institutodeculturamorelos.gob.mx](http://www.institutodeculturamorelos.gob.mx)