



“Hombres de maíz”

El dilema del maíz transgénico

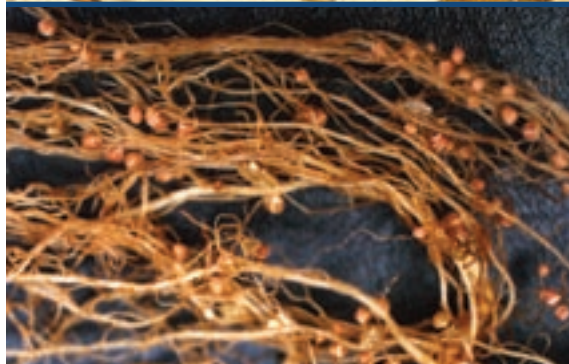
Etol, sin sacrificar abasto de alimentos



**UNAM**  
más en la Esfera

# Sumario

Editorial	3
Reportaje	4
<b>Etanol, sin sacrificar abasto de alimentos</b>	
Sandra Vázquez Quiroz	
Reseñas	6
<b>Los alimentos mágicos de las culturas indígenas mesoamericanas</b>	
Sandra Vázquez Quiroz	
Personajes en las ciencias	
<b>Guillermo Haro Barraza</b>	
Alicia Ortiz Rivera	
Reporte especial	7
<b>El dilema del maíz transgénico</b>	
Yassir Zárate Méndez	
Historia de la ciencia	10
<b>“Hombres de maíz”</b>	
Patricia de la Peña Sobarzo	
Asómate a la ciencia	12
<b>Una ventana al futuro de los biofertilizantes</b>	
Yassir Zárate Méndez	
Reflexiones	13
<b>OGM y biocombustibles, paradigmas de los negocios agroindustriales</b>	
Gian Carlo Delgado	
A ver si puedes	14
Alejandro Illanes	
<i>El faro avisa</i>	15





## Nuestra portada



Dios joven del maíz. Templo 22, Copán, Honduras.  
Foto: Justin Kerr.

## Directorio

### UNAM

Dr. Juan Ramón de la Fuente  
*Rector*

Lic. Enrique del Val Blanco  
*Secretario General*

Mtro. Daniel Barrera Pérez  
*Secretario Administrativo*

Dr. René Drucker Colín  
*Coordinador de la Investigación Científica*

### *El faro, la luz de la ciencia*

Patricia de la Peña Sobarzo  
*Directora*

José Antonio Alonso García  
*Supervisor Editorial*

Sandra Vázquez, Yassir Zárate, Óscar Peralta y Víctor Hernández  
*Colaboradores*

Ana Laura Juan Reséndiz  
*Diseño Gráfico y Formación*

*El faro, la luz de la ciencia*, es una publicación mensual (con excepción de los meses julio-agosto) de la Coordinación de la Investigación Científica.

Oficina: Coordinación de la Investigación Científica, Circuito Exterior, Ciudad Universitaria, 04510 México, D.F., teléfono 5550 8834, [elfaro@cic-ctic.unam.mx](mailto:elfaro@cic-ctic.unam.mx)  
Certificado de reserva de derechos al uso exclusivo del título no. 04-2002-120409080300-102.

Impresión: Reproducciones Fotomecánicas, S.A. de C.V., Democracia 116, Col. San Miguel Amantla, Azcapotzalco, C.P. 02700, México, D.F.

Distribución: Dirección General de Comunicación Social, Torre de Rectoría 2o piso, Ciudad Universitaria.

**Prohibida la reproducción parcial o total del contenido, por cualquier medio impreso o electrónico sin la previa autorización.**

Citar fuente de origen en caso de utilizar algún contenido de este boletín.

## El maíz para México

El maíz es la materia prima con que se elabora cerca de la mitad del volumen total de alimentos consumidos en México y proporciona a su población aproximadamente 50% de las calorías requeridas; este porcentaje es aún mayor en los sectores de bajos ingresos. El consumo de este grano está acompañado de una incommensurable tradición y conocimiento popular.

Para evaluar la importancia del maíz es preciso considerar la totalidad de fenómenos que se generan en torno a su cultivo, transporte, almacenamiento y uso. Estas páginas ofrecen varios artículos que versan sobre este grano. Además de ser un alimento, también se exploran otras aplicaciones, por ejemplo utilizarlo como fuente de combustible menos contaminante que los hidrocarburos, para ayudar a disminuir los niveles de contaminación de los gases de efecto invernadero.

La controversia sobre la introducción de organismos transgénicos a nuestro país, la posible contaminación de cultivos no modificados y la necesidad de proteger nuestros recursos genéticos y desarrollar sustentablemente la agricultura nacional, han merecido también la atención en este número. Y es que no podemos perder de vista que México es centro de origen del maíz. El uso de transgénicos se encuentra regulado por la Ley de Bioseguridad de Organismos Genéticamente Modificados, y el Programa Universitario de Alimentos es el órgano responsable para detectar estos productos. Y aunque la ley permite el cultivo de este tipo de maíz, la cuestión es si los productos transgénicos serán capaces de resolver el terrible estado de abandono que padece el campo.

En la UNAM se realizan experimentos en laboratorio para detectar bacterias que estimulan el crecimiento de las plantas de maíz y evitan el contagio de hongos patógenos. Esos organismos se emplean como biofertilizantes y representan una alternativa para mejorar y aumentar la producción agrícola.

Las historias del maíz y del hombre corren paralelas en esta tierra. Están indisolublemente ligadas. Al domesticar el maíz, el hombre también se cultivó. Las grandes civilizaciones mesoamericanas lo consideraban “la sustancia que conformaría la carne del hombre”, y aún hoy forma parte de la vida y la cultura de millones de mexicanos.

Desde siempre, en México se ha dado una relación simbiótica entre la sociedad y el maíz. Su importancia se debe a que en realidad se trata de un complejo cultural que no se agota en consideraciones agrícolas, alimentarias, biológicas o costumbristas, sino en toda una cosmogonía que nos convierte en los hombres de maíz.

*El faro*



# ETANOL, sin sacrificar abasto de alimentos

Sandra Vázquez Quiroz

La preocupación por el agotamiento de los combustibles fósiles como el petróleo, carbón o gas, con los que echamos a andar un automóvil o maquinaria industrial, plantea un reto por encontrar fuentes alternativas de energía que sustituyan a estos hidrocarburos y que, además, sean amigables con el ambiente.

Países como Estados Unidos y Brasil han planteado como respuesta a una crisis de energéticos, la elaboración de alcohol (etanol) a partir de productos agrícolas como la caña de azúcar y el maíz, este último base de la dieta de diferentes países, entre ellos México. En Brasil, más de 80% de su parque vehicular utiliza este energético. Sin embargo, a nivel mundial se sostiene un debate ambiental, económico y político, acerca de las ventajas y desventajas de su uso masivo.

Si nuestro país decidiera producir etanol, tendría que recurrir a otro tipo de fuentes de abastecimiento, así como emplear un proceso que no afectara el equilibrio ecológico ni impactara los precios de los insumos con que se elaboran los alimentos.

El doctor Alfredo Martínez Jiménez del Instituto de Biotecnología (IBt), dio a conocer a **El faro** su propuesta para generar etanol carbu-

rante con ingeniería metabólica a partir de residuos agroindustriales.

## Reutilizando el bagazo de la caña de azúcar

Los residuos agroindustriales como el bagazo de la caña de azúcar, son una materia prima barata que puede obtenerse en grandes cantidades, pues los excedentes de nuestra industria nacional ascienden a 500,000 toneladas anuales. Martínez Jiménez señala que la ingeniería metabólica permite introducir reacciones bioquímicas en el metabolismo de un microorganismo para eficientar la obtención de productos deseados.

El investigador del Instituto de Biotecnología describe que a partir de una modificación genética hecha a la bacteria *Escherichia coli*, aunada a técnicas de hidrólisis química y enzimática, se logró agilizar la producción de alcohol, pues los tres azúcares más abundantes en



este bagazo (glucosa, xilosa y arabinosa) producían mucho ácido (succínico, fórmico, láctico y acético) y poco etanol. A partir de las modificaciones esta bacteria produce únicamente alcohol.

## El proceso y su costo

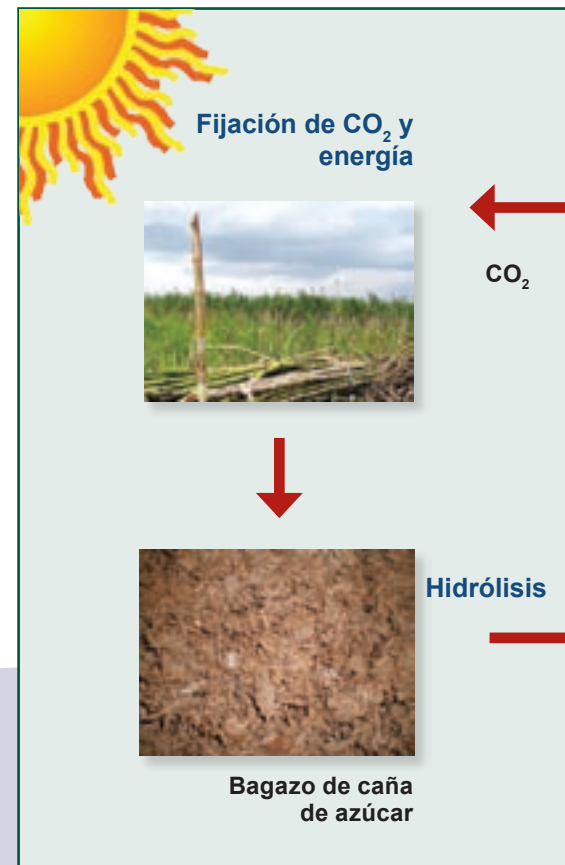
Alfredo Martínez describe que a partir de estas técnicas, llevadas a cabo en contenedores a los que se añade ácido sulfúrico diluido a tem-



El promedio de rendimiento de la caña de azúcar en México es de 70 toneladas por hectárea.



*Escherichia coli* modificada por ingeniería metabólica de caja de cultivo a medio líquido en el Departamento de Ingeniería Celular y Biocatálisis del (IBt).



peraturas elevadas, y en fermentadores, *E. coli* ayuda a fermentar los azúcares del bagazo para obtener alcohol. “La investigación que planteo es básica, pero todo apunta hacia procesos de aplicación a un mediano plazo, ya que actualmente no existe ninguna empresa en el mundo que produzca etanol carburante a partir de residuos agroindustriales”.

La parte económica más importante, subraya el investigador, es la hidrólisis de la celulosa, un polímero de glucosa y principal componente del residuo agroindustrial, pues a partir de ella se debe obtener glucosa que pueda fermentarse. “Actualmente, nuestras investigaciones se encaminan a desarrollar procesos para la obtención de glucosa con enzimas de hongos. Tratamos de optimizar el proceso para que dependiendo del sustrato empleado sea la tecnología que se utilice”.



La modificación hecha a *E. coli* con técnicas de hidrólisis química y enzimática logró agilizar la producción de etanol.



Reactores similares a los que se utilizan en la industria donde se evalúan las cepas bacterianas modificadas por ingeniería metabólica.

Además del bagazo de la caña de azúcar, en el Departamento de Ingeniería Celular y Biocatálisis del IBt se evalúa el rastrojo de maíz, que habitualmente se desperdicia. Ambos residuos podrían reemplazar hasta 50% del consumo de gasolina en nuestro país.

### Una piedra en el zapato

Martínez Jiménez subraya que la producción de etanol por medio de estas técnicas coloca en seis pesos el litro de biocombustible, mientras que el costo por litro de gasolina no es superior a los ocho pesos. “Generalmente, cuando alguien obtiene una ganancia, el costo de producción es de la mitad; en el caso de las bioenergías el costo de producción ideal debería ser de dos pesos por litro para ser competitivo”.


Una característica de la administración de recursos energéticos en México es que, por ley, debe manejarlos el Estado. Por esta razón, la empresa privada desiste de invertir en este tipo de investigaciones. “Si llegáramos a desarrollar la producción de etanol a nivel industrial con capital privado, tendrían que evaluarse los mecanismos para manejarlo en conjunto con el Estado”.

### Equilibrio ambiental

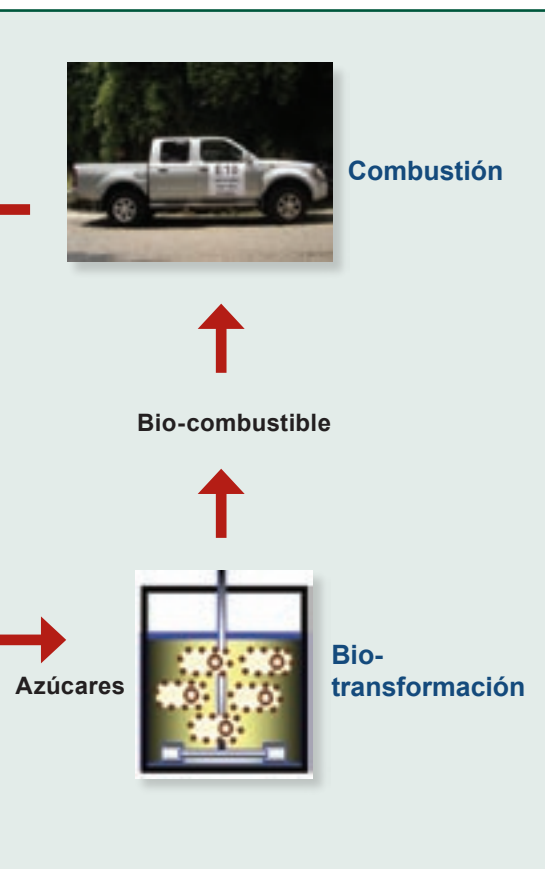
Cualquier tecnología que se desarrolle a gran escala tendrá un impacto ambiental, ya que hasta hoy no existe alguna de impacto ambiental cero. Martínez Jiménez señala que la humanidad se ve afectada por el cambio climático causado por diversos contaminantes como el bióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ).

Lo ideal es que estas investigaciones busquen el beneficio tecnológico y anticipen los impactos negativos para no seguir destruyendo la capa de ozono.

El etanol ayuda a reducir los niveles de óxido de azufre, monóxido de carbono, hidrocarburos totales y benceno, entre otros, sin embargo, libera otros compuestos, como el acetaldehído, cuyo impacto en una megaciudad aún no se ha evaluado.

Pese a las bondades del etanol, apunta el investigador, es necesario no conformarse con una sola fuente de energía. Tanto los científicos como los encargados de tomar decisiones deben mirar hacia la exploración y utilización de otras fuentes de energía, como la eólica, la geotérmica, la hidráulica y, sobre todo, en el caso de México, la solar y la bioenergía. 

Mediante el uso de procesos biotecnológicos no se incrementa la concentración de bióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) en la atmósfera. La biomasa utilizada en la producción de etanol ayuda a fijar este gas por medio de energía solar. Al utilizarse como combustible genera el mismo  $\text{CO}_2$ , lo que permite que se complete un ciclo artificial sin incrementar su concentración en la atmósfera.



## Los alimentos mágicos de las culturas indígenas mesoamericanas

Paredes López, Octavio; Guevara Lara, Fidel; Bello Pérez, Luis Arturo.  
FCE, SEP, CONACYT, CAB, 2006

Si bien la pretensión de los autores no fue elaborar un recetario de cocina, este libro no debe faltar en ningún hogar que acostumbre preparar su comida con maíz, frijol, nopal, tomate, chile, aguacate y cacao, entre muchos otros alimentos. Pese al mucho tiempo que invertimos en la cocina, solemos saber poco de la riqueza histórica, nutrimental y del proceso de obtención de estos insumos.

La obra nos lleva de la mano a través de un viaje por la historia que muestra los diversos tipos de granos de maíz y frijol, así como los procesos anteriores a la conquista y que aún se siguen practicando, como la nixtamalización.

Los insectos desempeñan también una función importante en la variedad y riqueza de los alimentos mesoamericanos; en el centro, sur y sureste de México todavía se consumen jumiles, escamoles, piojos, chinches y gusanos de maguey, nopal y maíz, de los cuales se describen sus propiedades nutrimentales. Además

de la magia de estos alimentos, sus 190 páginas hablan de plantas con propiedades curativas y nutraceuticas (se refiere a los alimentos que poseen un efecto benéfico sobre la salud humana; la palabra se deriva de nutrición y farmacéutico), como el huitlacoche.

Como tanto alimento necesita un sorbo que inhiba un potencial ahogamiento, los autores relatan la historia de dos bebidas dignas de un rey: el pulque y el tequila.

Al final de cada capítulo se expresan los retos científicos y tecnológicos que giran alrededor de cada uno de los alimentos descritos.

Sandra Vázquez Quiroz



## Personajes en las ciencias

### Guillermo Haro Barraza

(1913-1988)



Abogado y filósofo de profesión pero astrónomo de corazón, por pasión y vocación, Guillermo Haro “hizo avanzar nuestros horizontes galácticos y extragalácticos” mediante un trabajo caracterizado por su “inteligente y perspicaz perseverancia”. Gracias a su esfuerzo, descubrió un importante número de estrellas novas, supernovas,

objetos de líneas de emisión, conocidos como “Herbig-Haro” (HH), así como una clase de galaxias azules que también lleva su nombre, y dio un notable impulso a la astronomía en México, proyectando sus logros a nivel internacional.

“Su pericia y perseverancia en descubrir objetos luminosos extremadamente débiles produjeron resultados... (que) persisten hasta el presente y le han traído gran fama como observador y descubridor”, escribió sobre Haro el también astrónomo de origen alemán Bart J. Bok.

Alicia Ortiz Rivera

Estudió Derecho y Filosofía en la Universidad Nacional y trabajó como reportero del diario *Excelsior*, para el que realizó trabajos de corte científico. En esa época, década de 1940, obtuvo una beca de Harvard para familiarizarse con la variedad de telescopios de la estación Oak Ridge, fundamental por el descubrimiento de la vocación a que dedicó el resto de su vida.

De regreso, se volvió el brazo derecho del astrónomo Luis Enrique Erro, asumió la dirección del observatorio de Tonantzintla, donde fundó el Instituto Nacional de Astronomía, Óptica y Electrónica (INAOE), reorganizó el observatorio de Tacubaya, fundó el de San Pedro Mártir (Baja California), impulsó la formación de investigadores en astronomía y astrofísica, fue autor de “un verdadero torrente de artículos científicos”, trajo a México la astronomía infrarroja, obtuvo numerosos reconocimientos, ingresó al Colegio Nacional, fundó el seminario de Problemas Científicos y Filosóficos y numerosas aportaciones más.

Casado con la escritora Elena Poniatowska, procrearon dos hijos y, por su intenso trabajo, capacidad de observación e impulso al desarrollo científico que marcó el quehacer institucional de buena parte del siglo XX, ocupa un lugar en la Rotonda de las Personas Ilustres.



# El dilema del maíz transgénico

Yassir Zárate Méndez

Aunque no existe un déficit mundial neto de alimentos gracias a un rápido desarrollo tecnológico que ha aumentado la producción en los últimos 50 años, el mundo enfrenta una carestía alimentaria vinculada con una crisis agrícola y ambiental que podría profundizarse, debido a la producción de alimentos de dudosa calidad y en ocasiones poco seguros.

Desde los años ochenta, el gobierno mexicano dejó de aplicar políticas que alentaran el potencial productivo del campo, incluyendo la disminución del presupuesto destinado al sector, uno de los que históricamente presenta mayor rezago económico y social. Como consecuencia, aumentaron los índices de pobreza y marginación y se agudizó la migración a las ciudades y a Estados Unidos; además, hubo un impacto negativo en el ambiente y comenzó un déficit en la producción de alimentos básicos, como el maíz. Esto implicó que hoy México no sea autosuficiente en la producción de este grano, viéndose en la necesidad de importar grandes cantidades de Estados Unidos para satisfacer la demanda alimentaria.

La nueva biotecnología agrícola posee un potencial considerable para resolver casi todos los problemas de abasto de alimentos; además, puede reducir algunos de los problemas de las técnicas agrícolas tradicionales en el contexto de la agricultura industrial, aunque para la doctora Elena Álvarez-Buylla, investigadora del Instituto de Ecología de la UNAM, en su forma actual la nueva biotecnología agrícola “no representa la solución a los problemas que enfrenta la agricultura mundial, y mucho menos la mexicana”.

## Bacterias, virus y dilemas

Para la Organización Mundial de la Salud los organismos genéticamente modificados “pueden definirse como aquellos en los cuales el material genético (ADN) ha sido alterado de un modo artificial”. A partir de los avances logrados por la biotecnología moderna, también

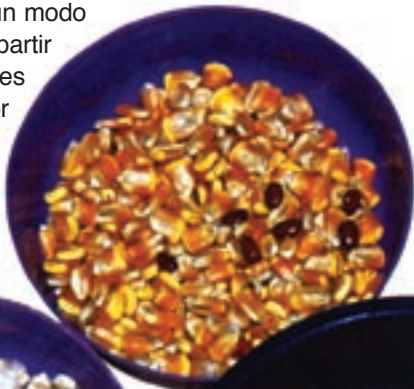
llamada ingeniería genética, se extrae el ADN a través de una tecnología llamada de ADN recombinante, la cual permite “transferir genes seleccionados individuales de un organismo o de varios, a otro que puede ser muy distante evolutivamente a los donadores”. El proceso de transgénesis mediante estas técnicas trasciende los límites naturales de aislamiento reproductivo entre las especies.

Álvarez-Buylla señala que “el desarrollo de las primeras semillas de maíz transgénico obedeció a la necesidad de generar líneas y construcciones químicas que pudieran ser patentadas y comercializadas ampliamente. De hecho, los primeros desarrollos se inspiraron en tecnologías orgánicas, como fue el caso de la aspersión de proteína de la bacteria *Bacillus thuringiensis*, para proteger los cultivos de una plaga de lepidóptero (grupo al que pertenecen las mariposas). Mediante las técnicas de ingeniería genética fue posible clonar el gen que codifica para esta proteína (Cry) y expresarla bajo la acción de una secuencia



Foto: Ignacio Urquiza

Foto: George O. Jackson







Fiesta de Tatei Neixa. Fotografía de Lorenzo Armendáriz.

regulatoria (que dicta dónde y cuándo se expresa un gen) de un virus (el que causa la enfermedad de mosaico de la coliflor, o 35S). Esta secuencia regulatoria provoca la expresión de un gen en todos los tejidos y momentos del desarrollo de una planta. Por ello se le llama promotor constitutivo”.

La resistencia viral de las plantas transgénicas se consigue a través de la introducción de un gen de ciertos virus que originan enfermedades en los vegetales; así se reduce su susceptibilidad. La tolerancia a herbicidas se desarrolla al introducir un gen bacteriano, lo que confiere a las plantas resistencia a estas sustancias químicas. El maíz transgénico no se desarrolló para obtener mayores rendimientos y, ciertamente, ha sido el caso para este cultivo en Estados Unidos, donde se ha sembrado ya por varios años; tampoco aporta más ni mejores nutrientes, asegura Álvarez-Buylla.

La investigadora destaca que “estos maíces transgénicos fueron desarrollados en Estados Unidos para su agricultura industrializada. Y como cualquier desarrollo tecnológico de este contexto, tienen los mismos problemas de estos sistemas, que son no sustentables ambientalmente. La resistencia a plagas

creada por un solo *locus* o gene puede dar pie a la evolución de plagas resistentes en relativamente poco tiempo. Esto ya se sabía por la experiencia de cultivos mejorados por cruces genéticas introduciéndoles un gen particular para hacerlos resistentes. Tal es el caso del lino o de la papa, que en pocos años tuvieron problemas por plagas resistentes. En el caso de las líneas transgénicas resistentes a plagas o tolerantes a herbicidas eventualmente pueden generarse resistencias a estas proteínas plaguicidas producidas de manera endógena en los maíces, o a los herbicidas. En el caso de la tolerancia a la Bt aún no han aparecido insectos resistentes, pero sí los genes en las poblaciones. Se estima que será cuestión de tiempo para que aparezcan los insectos resistentes. Pero estos desarrollos se han vendido bien en Estados Unidos porque resultan más prácticos de usar en su contexto y más redituables”.

Los hábitos de cultivo en México podrían verse en peligro si se utiliza maíz transgénico tolerante a herbicidas. Tradicionalmente este cereal se siembra en policultivos con frijol y calabaza, que se afectarían en caso de aplicar masivamente herbicidas a las milpas.

Además, existe la posibilidad de contaminación de los acervos de variabilidad genética más valiosos y abundantes del mundo para el maíz, que están ubicados en México. Al liberarlas a campo abierto, las plantas de maíz transgénicas no pueden segregarse de las no transgénicas, pues el polen se intercambia entre unas y otras, y las semillas, en las que también se mueven los genes, se intercambian a grandes distancias.

Álvarez-Buylla considera que el sistema tradicional de siembra en México es mucho más sustentable ambientalmente, ya que la combinación de cultivos permite la regeneración de las cualidades nutricionales del suelo. Además, se hace un uso más intensivo y eficiente del suelo y de los maíces criollos seleccionados durante muchos años para resistir muchas plagas locales. No obstante, podrían impulsarse programas de mejoramiento participativo que combinaran el conocimiento tradicional y técnicas modernas de genética molecular para resolver los problemas apremiantes de la agricultura mexicana y aumentar los rendimientos.



Foto: Pabl



“Necesitamos recuperar la riqueza de conocimientos tradicionales que guardan nuestros campesinos. Hay un potencial agrícola en México para producir todo el maíz necesario e incluso para exportarlo. El mejor maíz del mundo se produce acá”. Pero esa riqueza podría ponerse en riesgo en caso de que se permita la siembra de maíces transgénicos.

A esta alerta se suma la directora del Programa Universitario de Alimentos (PUAL), la doctora Amanda Gálvez, quien insiste sobre la posibilidad de contaminación genética de los maíces de México, lo que podría acarrear una eventual afectación, si no se logra investigar el efecto real que pudieran tener esas variedades sobre los maíces criollos de México. También cuestiona la posibilidad de autorizar la siembra comercial de maíz transgénico cuando en realidad nuestro país no cuenta con una adecuada infraestructura que permita incrementar los niveles de producción no solo de los criollos, sino también de los transgénicos: “¿Para qué se quiere sembrar transgénicos si no resuelven los problemas del país y, salvo en ciertas regiones, no se va a poder regarlos? El peor problema que el campo enfrenta es el abandono, no la falta de transgénicos. Además, ni las variedades comerciales actuales ni las transgénicas resuelven los problemas de México”.

### Los marcos jurídicos de regulación

En México, el uso de transgénicos se encuentra regulado a través de la Ley de Bioseguridad de Organismos Genéticamente Modificados, que destaca como una prioridad del Estado mexicano el cuidado del maíz, toda vez que el país es centro de origen de este cereal. Y aunque la ley permite el eventual cultivo de maíz transgénico, e incluso se han expedido permisos exclusivamente con fines de estudio, lo cierto es que hasta el momento no se ha efectuado ninguna siembra debido a que no hay un reglamento que regule los procedimientos a seguir, como explica la doctora Gálvez: “Se han dado permisos para sembrar maíz amarillo, pero no hay normas que establezcan los mecanismos que deben seguir dichas siembras experimentales”.


En cambio, se permite la importación de maíces transgénicos para usos industriales y consumo ani-

mal, que eventualmente llegan a la cadena alimenticia a través de los silos nacionales. Gálvez apunta que alrededor de una veintena de variedades transgénicas conformarían la mezcla potencial que se importa en México: “esas variedades de maíz transgénico importadas, cuando hay un sobrecupo, terminan en los silos y nos las estamos comiendo mezcladas con el maíz blanco y en forma de almidón y de aceite”.

Cabe destacar que el PUAL es el órgano responsable para detectar productos transgénicos en el país.

### Dudas razonables sobre los productos genéticamente modificados

En cuanto a posibles efectos nocivos sobre la salud, la doctora Elena Álvarez-Buylla sostiene que aunque la información recabada hasta el momento en cuanto al consumo de maíz transgénico “sugiere que no hay efectos drásticos, sí hay algunos datos que indican que algunas variantes del maíz Bt son alergénicas y se han retirado del mercado”.

Para Álvarez-Buylla falta mucho para entender las redes de regulación de los aspectos que interesan en el caso del maíz, como la resistencia a sequías, plagas, inundaciones o a metales pesados. De ahí la necesidad de incrementar los recursos para la investigación que permita el desarrollo de alternativas más cercanas a los mecanismos naturales, pero económicamente eficientes para proporcionar altos niveles de producción y rendimiento alimenticio que beneficien a la población mexicana. 



Muestra experimental de maíz transgénico Bt.



o Aguinaco



Plantío de maíz transgénico Bt.

# “Hombres de maíz”

Patricia de la Peña Sobarzo

*“Cuando todo era oscuridad antes de la creación, los dioses mayas deliberaron sobre el amanecer de una nueva era y el nacimiento de un pueblo que los honrara. Los dioses buscaron maíz amarillo y maíz blanco para que su pasta conformara la carne y la sangre del género humano”, según se narra en el Popol Vuh.*

## La importancia del maíz en las culturas mesoamericanas

Es indiscutible la función que el maíz ha desempeñado en la historia de Mesoamérica. Los mayas lo consideraban una divinidad y la planta misma representaba una metáfora de la naturaleza. Mary E. Miller, profesora de Historia del Arte de la Universidad de Yale, considera que el pensamiento religioso de los mayas se basaba en el ciclo de esta planta: lluvias y sequías, siembra y recolección, germinación, maduración y cosecha. Todas las civilizaciones mesoamericanas dependían de él. Su cultivo requería conocer los fenómenos naturales, las estaciones, la posición de los planetas, el calendario. De sus ciclos se aprendieron conocimientos prácticos y se inventaron ritos.

Para estas civilizaciones, el maíz era la divinidad protagonista de leyendas e incluso de un ideal de belleza para los mayas: la cabeza de frente larga similar a



la corona de la mazorca, los músculos del torso o de las extremidades equiparables al grueso del tronco de la planta. Según Miller, se llegaba incluso a emular su actitud, sus movimientos ondulantes, su danza permanente. Miguel A. Bartolomé, investigador del INAH, plantea que aún hoy los mayas de Quintana Roo consideran al maíz un dador de vida y toda su cultura gira en torno a él. No solo tiene importancia ritual, religiosa y práctica, sino que además estructura el pensamiento de un pueblo, sus actos, ceremonias, ritos, creencias y comportamiento.

“Es de maíz el corazón de América” afirma el escritor guatemalteco Luis Cardoza y Aragón. Es, además, la planta civilizadora, pues “fija las tribus y por él surge la civilización”. Divinidad, ideal estético y moral, protagonista mítico, sustancia esencial en la creación del hombre y sustento de grandes civilizaciones.

Para el pueblo mexicana esta gramínea fue igualmente importante. Felipe Solís,

Figura de danzante con maíz. Museo Nacional de Arqueología y Etnología. Guatemala. Foto: Justin Kerr.



El maíz ha sido sustento básico de las civilizaciones mesoamericanas.



Centéotl, dios mexica del maíz. Un mito mesoamericano narra que el maíz se creó gracias a esta divinidad. Códice Borgia.



Escena de la vida agrícola en el Códice Florentino (circa 1570).



Xoloitzcuintli con mazorca en el hocico, Occidente clásico, MNA. Foto: Pablo Oseguera Iturbide



director del Museo Nacional de Antropología, considera que constituía el respaldo económico del desarrollo político y social; su venta y distribución ocupaban un destacado lugar en el mercado, y definía la dieta cotidiana de México-Tenochtitlán.

### Un origen polémico

Mucho se ha dicho y escrito sobre los orígenes del maíz. Diversos mitos de las culturas antiguas hablan de su nacimiento a causa de la acción de los dioses; sin embargo, este tema no ha sido solo materia de la mitología. La ciencia actual ha dedicado un espacio a resolver su misterioso origen, objeto de largos debates, debido a que en la naturaleza no existe maíz silvestre; solo en el continente americano se puede encontrar a sus parientes silvestres más cercanos, como el teocintle o *Euchlaena mexicana*. Además, sus características lo distinguen tanto de la flora silvestre como de otras plantas cultivadas.

Actualmente, algunos autores, como el antropólogo Arturo Warman, afirman que el maíz es un producto original de las civilizaciones americanas. Evidencias botánicas, lingüísticas y arqueológicas apoyan esta idea. La combinación de los hallazgos en estos campos seña-

la al centro-sur de México como la zona en que se domesticó a partir de un ancestro silvestre. Para el autor es claro que el desarrollo de este cereal hasta convertirse en la especie que dominó a sus ancestros y parientes silvestres, solo puede explicarse por la selección artificial, es decir, por la intervención humana en la reproducción de una línea evolutiva condenada a muerte en su estado natural. Las antiguas culturas mesoamericanas poseían un conocimiento botánico que les permitió crear y preservar una nueva especie de planta.

### Producto clave en México

Aún hoy el maíz constituye la base del sustento para el pueblo mexicano: contiene los elementos necesarios para una alimentación adecuada, es una rica fuente de calorías y materia prima para casi la mitad del volumen total de alimentos que se consumen en México cada año.

El aumento de su calidad abre un nuevo campo de investigación: en la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán de la UNAM se desarrollaron ocho híbridos de maíz blanco y seis variedades sintéticas de amarillo, cuyos rendimientos superan hasta en 30% a los existentes. Se trata de semillas híbridas inmunes a ciertos elementos patógenos, capaces de generar mayores rendimientos que la semilla habitual.

Este logro es de suma importancia, ya que constituye el principal cultivo en nuestro país. La función capital que desempeñó entre los pueblos antiguos se mantiene vigente. En la actualidad, de un total aproximado de cuatro millones de productores agrícolas en México, poco más de tres se dedican al cultivo de esta planta; pero en los últimos años se han visto afectados por la importación de grano procedente de Estados Unidos. Además, es reciente la gran polémica sobre



Foto: Rafael Bonilla.

la entrada de variedades transgénicas en algunas zonas de México. Esta presencia constituye un gran riesgo para la rica variedad del maíz mexicano y la biodiversidad asociada a su producción.

El consumo de maíz ha sido una constante en México desde el momento en que los primeros pobladores del continente se volvieron sedentarios. “De maíz fueron hechos sus primeros hombres”, escribe Luis Cardoza y Aragón. Por eso, el mejoramiento, la protección y el impulso al cultivo de esta planta son imprescindibles. ☉



Esquite proviene del náhuatl *izquitl*, cuya raíz (-iz) quiere decir tostar. Foto: George O. Jackson.

El título de este artículo fue inspirado en la novela del escritor guatemalteco y premio Nobel, Miguel Ángel Asturias.

# Una ventana al futuro de los biofertilizantes

Yassir Zárate Méndez

Las futuras técnicas agrícolas podrían emplear bacterias fijadoras de nitrógeno asociadas al cultivo de cereales para incrementar la resistencia y el rendimiento de las plantas. Esta opción, como explica a **El faro** la doctora Esperanza Martínez Romero, es una propuesta del Centro de Ciencias Genómicas de la UNAM para mejorar la producción del principal grano consumido en México: el maíz.

Las plantas elaboran azúcares y otros carbohidratos a partir del proceso de la fotosíntesis, utilizando el bióxido de carbono presente en la atmósfera. Sin embargo, existe otro mecanismo, que no es muy conocido, llamado fijación del nitrógeno, por medio del cual las plantas elaboran sus propios fertilizantes a partir de la asociación con bacterias. El nitrógeno es un gas poco reactivo y solamente los fijadores de nitrógeno lo convierten en asimilable, obteniendo un

producto equivalente al fabricado en los procesos industriales para elaborar fertilizantes químicos.

El equipo encabezado por la doctora Martínez Romero ha trabajado con *Rhizobium etli*, una bacteria segura para usarse en agricultura: “Los cultivos de frijol y de otras leguminosas, como soya, chícharo, garbanzo y haba, se benefician de asociaciones con bacterias y así requieren muy pocos fertilizantes nitrogenados, comparados con cereales como maíz y trigo, que no forman nódulos fijadores de nitrógeno”.

La investigadora explica que las bacterias colonizan las raíces de las plantas por tener abundantes fuentes de carbono; las bacterias entran al interior de las raíces y de los tallos para vivir en espacios intercelulares y en los vasos que transportan la savia desde el suelo hasta las hojas. Se trata de una relación simbiótica, en la cual la planta proporciona a la bacteria nutrientes en forma de azúcares y carbohidratos; a cambio, las bacterias le ofrecen nitrógeno fijado, empleado por la planta como fertilizante, aunque en otros casos también elaboran vitaminas u hormonas vegetales que sirven a la planta para crecer: “Las bacterias son como pequeñas fábricas de fertilizantes químicos nitrogenados. De ahí que la agricultura del futuro visualice la fijación de nitrógeno como sustituto de fertilizantes químicos. Eso es lo que queremos hacer. En un futuro no muy lejano cereales



Raíces de plantas de frijol con nódulos fijadores de nitrógeno conteniendo a la bacteria *R. etli*.


como el maíz, el arroz y el trigo fijarán nitrógeno y prescindirán de fertilizantes químicos”.

Entre otros beneficios que aportan las bacterias, destaca el que también suprimen organismos patógenos que intentan infestar a la planta, producen antibióticos y ayudan en la defensa y crecimiento de las plantas.

El grupo de la doctora Martínez se ha propuesto lograr productos útiles para la agricultura en México: “El desarrollo de

los biofertilizantes para cereales ha sido muy lento porque éstos tienen niveles muy bajos de fijación de nitrógeno con bacterias asociadas. Los cereales no tienen unas estructuras especializadas llamadas nódulos, que es donde se alojan grandes cantidades de bacterias, ni el metabolismo adecuado para sustentar la fijación de nitrógeno de la bacteria. Sin embargo, el maíz es fascinante porque tiene una gran diversidad genética, y se podrían seleccionar variedades de plantas con mayor capacidad para asociarse con bacterias fijadoras de nitrógeno”.

En los experimentos desarrollados en laboratorio han detectado que *R. etli* estimula el crecimiento de las plantas de maíz y evita el contagio de hongos patógenos, como *Fusarium*, que producen fumonicinas que eventualmente pueden provocar cáncer en humanos. *R. etli* coloniza el maíz en una relación natural y no es patógeno. Durante más de 120 años las bacterias llamadas rizobios se han utilizado como inoculantes de leguminosas en agricultura y nunca ha habido un caso reportado de enfermedad en humanos. *Rhizobium etli* está prácticamente en todos los suelos de México, excepto en los muy ácidos, como los de la selva de los Tuxtlas.

La investigadora considera viable desarrollar una patente para este producto, así como su comercialización a gran escala en beneficio de los agricultores mexicanos. 



# OGM y BIOCOMBUSTIBLES, paradigmas de los negocios agroindustriales

Gian Carlo Delgado<sup>1</sup>

Durante la primera mitad del siglo XX se conformó una colección de material genético e información útil para lo que sería, a partir de 1950, la Primera Revolución Verde (1RV).

Rompiendo la tradición de guardar semillas de un ciclo productivo a otro, se difundió el uso de semillas mejoradas, que de una generación a otra perdían sus cualidades “positivas” y que al mismo tiempo requerían, “para un mejor resultado”, el uso de agroquímicos. Después de décadas y numerosos discursos entusiastas y advertencias tempranas (Rachel Carson), el desenlace de la 1RV ha sido la degradación y contaminación de los suelos y la pérdida de la diversidad genética de las especies cultivadas.

Con la aplicación de la ingeniería genética en el campo, o lo que se ha calificado como la Segunda Revolución Verde (2RV), ahora es posible el “diseño *ad hoc*” de semillas genéticamente modificadas; por ejemplo, para que sean estériles y no puedan reproducirse en un segundo ciclo productivo (tipo *Terminator*), para que su desarrollo sea regulable mediante agroquímicos de la misma empresa (tipo *Traitor*), entre otras características, como el retraso del periodo de maduración del “producto”, la introducción de suplementos alimenticios, como vitaminas, etcétera.

A pesar de las expectativas comerciales, existe un acalorado debate sobre posibles riesgos de los Organismos Genéticamente Modificados (OGM). Se indica la

posibilidad de 1) que fragmentos de ADN modificado pasen a otras plantas por vía de la polinización cruzada, alteren su constitución genética y erosionen el germoplasma existente; 2) que las plagas se tornen resistentes a las sustancias “introducidas” genéticamente; 3) que los OGM afecten a otros insectos o biodiversidad de modo no deseado; 4) que las medidas de control “fitosanitarias” de cultivos de OGM no sean efectivas (se han detectado trazas de OGM en cultivos tradicionales como las variedades de Bt de Monsanto y Novartis en nueve estados de México); 5) que el control de destino y uso de OGM no aptos para consumo humano es incierto; 6) que el consumo de OGM puede generar alergias y otros efectos en la salud humana; 7) que los OGM no necesariamente se desarrollan para beneficio del consumidor, sino más bien para el de la agroindustria; 8) que el uso de OGM no siempre implica un ahorro de insumos dada la dependencia de la semilla a los “aditivos” (tecnología *Traitor*); 9) que los OGM adicionados con vitaminas u otros complementos alimenticios no implican forzosamente una mejora nutricional (se sabe que el arroz dorado, con vitamina A, contribuye con el mínimo diario ¡solo si se consumen nueve kilos!); etcétera.

A pesar de tal incertidumbre, los OGM son promovidos por una agroindustria cada vez más poderosa. Monsanto (Estados Unidos) controla 21% de las patentes, seguida por DuPont-Pioneer (Estados Unidos; 20%), Syngenta (Suiza; 13%), Dow (Estados Unidos; 11%) y Aventis (Francia; 6%). En hectáreas sembradas, el avance es progresivo. En 1997 había 11 millones sembradas con OGM; en 2006 ya eran 102 millones, de las cuales Monsanto se adjudicó 53% y Pioneer 16.5%.

La proyección de los intereses de esas multinacionales ha sido contundente, en particular de Monsanto, que ha incidido en las negociaciones de legislación sobre bioseguridad de múltiples países (en México vigente desde mayo de 2005) y ha consolidado acuerdos de transferencia de germoplasma endémico útil al desarrollo de OGM; tal es el caso del “Proyecto Maestro de Maíces Mexicanos” que financia esa multinacional.

La idea, en México, es ampliar el uso tanto de semillas híbridas como de OGM. Esto sobre

<sup>1</sup> Doctor en Ciencias Ambientales, Universidad Autónoma de Barcelona. Investigador del programa “El Mundo en el Siglo XXI”, del Centro de Investigaciones Interdisciplinarias de la UNAM. [www.giandelgado.blogspot.com](http://www.giandelgado.blogspot.com)






Foto: Agustín Estrada.

todo, pero no solo, en la franja fronteriza con Estados Unidos, que es donde se emplaza la agroindustria más fuerte del país y la cual aspira a vincularse a las dinámicas de “integración profunda” de la región desde, por ejemplo, los planeados corredores multimodales del TLCAN-ASPAN y la Iniciativa Norteamericana de Biotecnología (2006), cuyos principales socios son Monsanto y DuPont.

Tal empuje a los OGM va de la mano del otorgado a los agrocombustibles. El complejo industrial agrobiotecnológico/energético/automotriz, sin considerar los altos costos ecosociales y sin cuestionar los actuales índices de consumo, llama a su uso hasta en 10% como energía de transporte. Se trata de una dinámica insostenible y que afecta la seguridad alimentaria dada la extensión de tierra necesaria para la producción de la “materia prima”; de ahí que los países metropolitanos usen sus excedentes agrícolas y compren el resto en el exterior, una medida

que además permite exportar parte de los mencionados costos.

Para México las implicaciones son mayores, más cuando en Estados Unidos se intenta duplicar, para 2012, la fabricación de etanol con maíz. Y es que, como resultado de las políticas neoliberales y el TLCAN (que devastan el campo mexicano: el sector pasó del 10 al 3.4% del PIB en el periodo 1981-2006), el país importa de Estados Unidos 35% del maíz que consume. El alza de su precio (estimada en ~20% más para el 2020) ya afecta gravemente al país y su gente, comenzando por la tortilla. Nótese que el incremento de 1% en el precio de los alimentos genera en la población pobre (~60% de la del país) una caída de 0.5% en el consumo de calorías.

Por lo anterior, es claro que la carencia de soberanía alimentaria en México es, en términos de vidas humanas y en el mejor de los casos, inhumana. Por la preservación del maíz y el campesinado pasa la paz social y la seguridad nacional. 

## A ver si puedes

Colaboración del Dr. Alejandro Illanes, del Instituto de Matemáticas, UNAM.

### ACERTIJO

La maestra le dio a Rodrigo un cuadrado de cartulina de 20 x 20 centímetros y le pidió que construyera el mayor cubo posible. Estas son las reglas: (a) debe dibujar una sola pieza en el cartón y recortarla por la orilla, (b) debe obtener el cubo al hacer algunos dobleces y pegar con cinta adhesiva, (c) no debe haber traslapes. ¿Cuánto mide la arista del mayor cubo que se obtiene?



### RESPUESTA AL ANTERIOR

La única respuesta posible es la que se muestra en la figura

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
6	2	1	0	0	0	1	0	0	0

A las primeras cinco personas que nos envíen por correo electrónico (elfaro@cic-ctic.unam.mx) la respuesta correcta, les obsequiaremos el libro *Forjadores de la Ciencia en la UNAM* y una publicación de temas científicos, cortesía del Fondo de Cultura Económica.



## Schlumberger Foundation Faculty for the Future



### *Grants for advanced graduate study for women in science and engineering*



The Schlumberger Foundation Faculty for the Future program provides funding for advanced graduate study. The long term goal is to support role models and facilitate gender balance in science and engineering faculties at key universities in emerging economies.

#### **Eligibility.** If you are a woman who is :

- preparing for PhD, or postdoctoral study in the physical science and related disciplines
- have a proven track of teaching experience, and seeking a university teaching career in your home country
- committed to promoting the development of women in sciences
- hold an excellent academic record

#### **Please apply and review eligibility requirements at :**

<http://www.slb.com/content/about/foundation/facultyfuture.asp>

Applications must be submitted by **November 30 2007.**



# VII REUNIÓN NACIONAL DE GEOMORFOLOGÍA

*"La dimensión geomorfológica en el manejo del territorio"*

Centro de Investigaciones en Geografía Ambiental, CIGA-UNAM

Morelia, Michoacán

26-29 noviembre, 007

## *Sesiones Temáticas:*

Peligros y Riesgos  
Impacto ambiental  
Ordenamiento territorial  
Manejo integrado del paisaje  
Cartografía geomorfológica  
Análisis del terreno  
Modelación en geomorfología  
Geomorfositos

## *Comité científico:*

Irasema Alcántara Ayala  
Gerardo Bocca Verdinelli  
Victor Hugo Garduño  
Victor M. Hernández M.  
José Ramón Hernández S.  
Erna López Granados  
José Lugo Hubp  
Manuel E. Mendoza Cantú  
José Luis Palacio  
Lorenzo Vázquez Selem  
José Juan Zamorano Orozco



E-mail: [007.smg@gmail.com](mailto:007.smg@gmail.com)  
<http://www.smg.igeograf.unam.mx/smg/>

