



Los maíces transgénicos

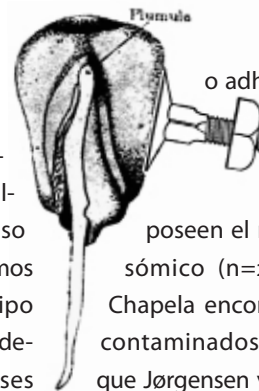
El maíz es el primer tótem mesoamericano, anterior al águila, al jaguar, a la serpiente, al pez. Es, al mismo tiempo, origen y creación del hombre. Es la hostia con la que comulgamos los mexicanos en un acto de antropofagia. ¿Qué otros discursos se cifran en torno a esta semilla, que parece germinar en el latido de nuestro corazón?

ANDRÉS HENESTROSA

La biotecnología comprende procesos técnicos aplicados a fenómenos biológicos para obtener productos útiles al ser humano; estos métodos se basan en el cruzamiento de especies vegetales o animales diferentes pero con una relación familiar al menos cercana, por ejemplo maíz con maíz. El descubrimiento de la infección natural causada por la bacteria *Agrobacterium tumefaciens* en algunas plantas dio inicio a experimentos con los que se logró substituir genes de una planta por los de una bacteria, con lo que se sentaron las bases de la ingeniería genética (figura 1). Sin embargo, el uso de semillas transgénicas, es decir, aquellas a las que se le han modificado secuencias específicas de ADN y son substituidas por secuencias génicas de otra especie, ha generado fuertes controversias

relacionadas con la salud humana, la diversidad biológica, la ciencia y la seguridad alimentaria. Esta controversia es especialmente aguda en México en el caso del maíz; se argumenta que tenemos un atraso importante en este tipo de tecnologías y que el debate se debe más a la ignorancia e intereses particulares que a razones de fondo, con lo cual los políticos y quienes toman decisiones pretenden soslayar que el maíz es una planta fundamental en México, que se considera de origen divino, y como se consume diariamente en la alimentación de millones de mexicanos, se ha experimentado con ella durante largo tiempo, por lo que cada parte tiene usos específicos, tanto en aspectos culinarios como artísticos. Se trata de una planta tan importante culturalmente, que su ausencia sería intolerable para los humanos que dependemos de ella.

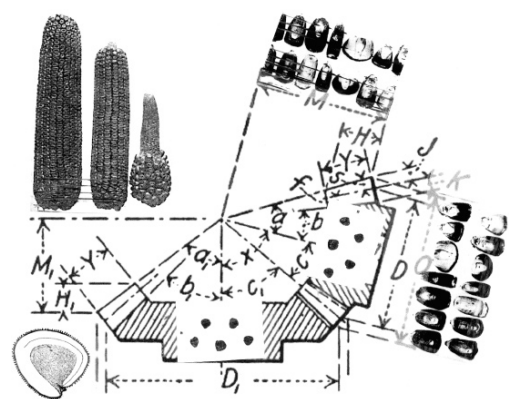
Es por ello que la siembra de maíces transgénicos constituye un grave riesgo, ya que la contaminación es muy posible debido a que el maíz, los teocintles y los maíces transgénicos son plantas de polinización libre, es decir, que su polen puede viajar muchos kilómetros por medio del viento



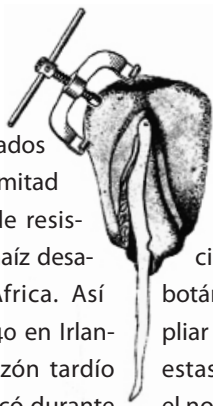
o adherido al cuerpo de animales o el ser humano —además de que todas estas especies poseen el mismo número cromosómico ($n=20$). En 2002, Quist y Chapela encontraron maíces nativos contaminados en Oaxaca, mientras que Jørgensen y sus colaboradores observaron cruzamiento de especies cultivadas y silvestres de la colza o vaina para pájaros (*Brassica napus* y *B. rapa*), y las últimas desarrollaron resistencia a herbicidas como el Roundup de Monsanto. Por su parte, Robinson menciona que lo mismo puede suceder con plantas en cuyo código genético se ha insertado información de alguna bacteria. Todo esto es preocupante ya que las 49 o más razas de maíz que existen en México, junto con los teocintles, constituyen una fuente de variabilidad genética muy útil en el caso de que los maíces “mejorados”, con su alta uniformidad genética, sean susceptibles a diferentes plagas o enfermedades; su pérdida contribuiría por tanto a erosionar la variabilidad genética de los maíces.

La FAO ha documentado la importancia de la variabilidad genética; en 1970, cuando la roya del maíz provo-

y sus riesgos



Carlos H. Ávila Bello



có que los granjeros de Estados Unidos perdieran hasta la mitad de su cosecha, la fuente de resistencia se encontró en un maíz desarrollado localmente en África. Así sucedió con la papa en 1840 en Irlanda, donde un hongo, el tizón tardío (*Phytophthora infestans*) atacó durante cinco años este cultivo, debido a lo cual murieron cerca de dos millones de personas y casi el mismo número emigraron a los Estados Unidos. Fueron entonces las especies silvestres y sus parientes localizados en Perú la fuente de diversidad genética para encontrar resistencia a este hongo.

Por otro lado, México es el centro de origen del maíz y del teocintle, y ambas plantas se pueden encontrar a lo largo y ancho del territorio nacional; son maíces que presentan excelente adaptación ecológica y los campesinos tienen un profundo conocimiento de su manejo como para alcanzar una alta producción y productividad en cada región del país. Es fundamen-

tal entonces contar con recursos económicos suficientes para desarrollar trabajos de investigación arqueológica, botánica, etnobotánica y genética que permitan ampliar el conocimiento relacionado con estas dos plantas, especialmente en el norte del país.

En este sentido, el artículo 8 del capítulo tercero del reglamento de la Ley de Bioseguridad es imposible de cumplir, pues ¿cómo lograrán la SAGARPA y la SEMARNAT prevenir el flujo génico en plantas de polinización libre que se encuentran a cielo abierto?

La salud humana

Debido a que los maíces transgénicos están destinados al consumo humano directo son necesarias pruebas de laboratorio sofisticadas que garanticen su inocuidad. Bourges y Lehrer comentan que en las interacciones de gen a gen la regulación de la expresión de muchos de ellos es poco conocida,

por lo que entonces la inserción de nuevas secuencias de ADN en el genoma del maíz puede alterar la función de los genes, produciendo nuevos metabolitos o alterando los niveles de aquellos que ya existen; algunas de estas consecuencias pueden inferirse, pero otras no. Asimismo, los genes insertados pueden codificar enzimas que posteriormente se expresen en altos niveles de actividad, lo que provocaría la alteración del flujo metabólico y aumento o disminución de metabolitos importantes para el funcionamiento del organismo; un riesgo es la eliminación de algunos antioxidantes fundamentales para el funcionamiento humano.

En 2005, el CRIIGEN cuestionó, desde el punto de vista estadístico, las pruebas llevadas a cabo por Monsanto en varios de sus maíces transgénicos, como el MON 810 y el MON 863; en el primer caso se tienen fuertes dudas acerca de su inocuidad, ya que al parecer la secuencia génica que contiene a la bacteria que ataca al gusano cogollero (maíz Bt) puede substituir la función de algunas enzimas llamadas ligasas, particularmente importantes en la síntesis y reparación de muchas moléculas del organismo, incluyendo el ADN; en el segundo, el departamento estadístico de esa misma compañía llevó a cabo pruebas que pasan por alto muchas de las posibles correlaciones e interacciones de secuencias génicas con los órganos de ratas de laboratorio, en las que sin embargo se pudo comprobar que al menos 33% de las alimentadas con MON 863 presentaron riñones con menor peso, así como inflamación y regeneración anormal de ese mismo órgano.

En este sentido, no se está cumpliendo una de las normas de la Comisión del Codex Alimentarius de la FAO,

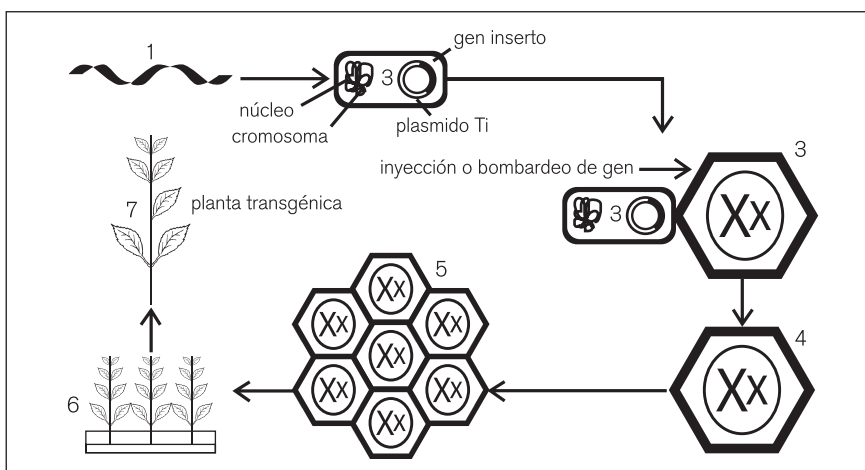


Figura 1. El proceso de obtención de un transgénico se inicia con la extracción de un gen de interés, por ejemplo de *Bacillus thuringiensis* para controlar el gusano cogollero (1); el siguiente paso es colocar el ADN en un tubo de ensayo, agregar una enzima para fraccionarlo, se reemplaza la sección de ADN que se quiere insertar (2). El nuevo gen se inserta en células individuales a través de biolística (bombardeo con bolitas de oro) o por medio de *Agrobacterium* (3), cuando el gen transformado penetra al núcleo (4), la célula se reproducirá y con ella el nuevo gen, aprovechando su totipotencia, es decir la capacidad de crecimiento que tienen las células (5), dando lugar a una planta transgénica que contiene el nuevo ADN (6); finalmente por medio de retrocruzas se obtienen plantas transgénicas con el ADN insertado y por lo tanto con sus características (7).



llamada equivalencia substancial, que consiste en establecer si el alimento transgénico es tan inocuo como su homólogo tradicional, para lo cual se deben considerar los siguientes aspectos: a) la identidad, el origen y la composición del alimento; b) los efectos de la elaboración y la cocción; c) el proceso de transformación del ADN y productos de la expresión de la proteína del ADN introducido; d) los efectos sobre la función o funciones del organismo; e) la posible toxicidad, alergenicidad y efectos secundarios; f) la posible ingestión y consecuencias alimentarias de la introducción del alimento transgénico.

Para esa organización mundial es de fundamental importancia el análisis de riesgos, el cual consta de tres etapas: su evaluación, la gestión de los mismos y la comunicación de los riesgos, esta última en especial no está incluida en la Ley de Bioseguridad de México.

Es muy posible que los maíces y teocintles mexicanos se contaminen con la presencia de maíces transgénicos, incluso a nivel experimental. Las

consecuencias ambientales y en la salud humana son impredecibles; esto debe ser especialmente valorado, ya que los sesenta pueblos originarios de México, es decir, más de 10 millones de personas, dependen directamente para su alimentación de este cultivo, y la gran mayoría de los mexicanos dependemos de su consumo en diferentes formas —tortillas, elotes, esquites, tamales y toda una serie de productos que derivan de esta planta ancestral.

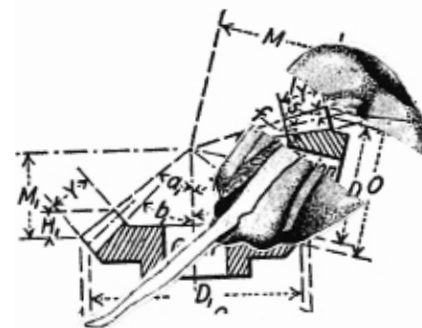
Dependencia científica y alimentaria

En un país como México, el papel de la ciencia y el avance tecnológico propios siempre han sido soslayados. Parte del problema radica en la visión parcial y fragmentaria de la ciencia, más evidente en las áreas relacionadas con el estudio de los recursos naturales y la agricultura. A lo que se agrega una serie de fenómenos como el dominio actual de la biología y genética moleculares y la pervisión de los sistemas de evaluación del trabajo científico, que hacen que muchos de los dedicados a esta actividad olviden que el todo da

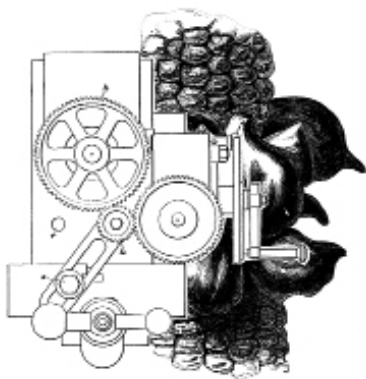
razón de ser a las partes, y que una parte del universo puede afectar, si las perturbaciones persisten, a los demás componentes —el calentamiento global es uno de los mejores ejemplos actuales.

La ciencia es un componente fundamental para el avance de cualquier país, no puede plantearse el progreso como una meta sin el apoyo decidido del Estado a los diferentes campos de la ciencia. Quintana y Urbano mencionan que en México se invirtió en 2007 tan sólo 0.40% del PIB en esta actividad, es decir, lo mismo que en 1970, y actualmente se está cerca de 0.39%; además de que de cada 100 mexicanos sólo 0.4% termina un doctorado. Ce-reijido sostiene que lo que disparó el avance de Europa y Estados Unidos fue la inversión en ciencia y tecnología, y su aplicación en los diferentes sectores de la sociedad.

En la agricultura y el manejo sustentable de los recursos naturales, la ciencia juega un papel primordial, ya que la explicación de los fenómenos se basa en leyes que pueden ser sometidas a comprobación. Se prueban, además, alternativas de manejo y mejoramiento basadas en experimentación y en programas matemáticos que permiten acercarnos con mayor precisión a un entendimiento profundo y exacto de los fenómenos y, por lo tanto, a soluciones más acordes con las condiciones de cada región.



Del mismo modo, los avances en las ciencias sociales, especialmente en el campo de la vinculación con los campesinos y pueblos originarios, nos han permitido una mayor sensibilidad, conocimiento, respeto, y capacidad de acercamiento a ellos. Sin embargo, el desmantelamiento que ha sufrido el país en su aparato científico, especialmente en el área agropecuaria y forestal, es impresionante; baste mencionar que el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), en cuyo seno deberían encontrarse los expertos encargados de aplicar los capítulos tercero y cuarto del reglamento de la Ley de Bioseguridad,



cuenta actualmente con sólo 700 investigadores a nivel nacional para atender las necesidades de investigación agrícola, pecuaria y forestal del país, cuando en 1986 tenía 3 000. Esto ha repercutido en el abandono de programas de investigación, en la importación de conocimiento y tecnología, con la consecuente dependencia económica, alimentaria, y la pérdida de agrobiodiversidad, obligando a los investigadores a buscar financiamiento en empresas como Monsanto, Pioneer, DNA Plant Technology, Asgrow Mexicana, Aventis o Syngenta, entre otras.

Ningún país puede aspirar a ser independiente y soberano cuando la inversión en aspectos vitales como la alimentación, la conservación de los recursos naturales y la energía proviene de capitales mayoritariamente extranjeros; esto impide la plena realización de metas relacionadas con salud, educación, empleo, deporte, la contemplación, la ciencia y la generación de tecnología propia. La solución es darle un nuevo impulso a la investigación agropecuaria y forestal en el país bajo un enfoque filosófico que permita valorar el conocimiento campesino tradicional e incorporarlo al proceso de investigación y educación en las instituciones de investigación y educación superior del país.

Ética, ciencia, visión del mundo

Uno de los argumentos usados frecuentemente para la introducción de maíz transgénico es que existe un bajo



rendimiento en este cultivo, lo que nos deja fuera del mercado global y ocasiona que los recursos forestales se sigan deteriorando por la apertura de nuevas tierras para la agricultura; es fundamental por tanto aumentar la productividad para disminuir pobreza y degradación ambiental. Sin embargo, en este argumento se ha olvidado que el problema principal de la pobreza y el hambre no es la producción de alimentos, sino la inequidad que existe en el mundo y en el país respecto de la distribución y consumo de los recursos.

Los países industrializados constituyen 25% de la población mundial y consumen cerca de 85% de todo lo que se produce en el mundo, es decir, de 10 a 25 veces más que los países en desarrollo, lo cual se refleja en la presión tan fuerte que ejercen sobre los recursos naturales, especialmente aquellos de los países subdesarrollados. Resulta ilustrativo lo que Goetzl

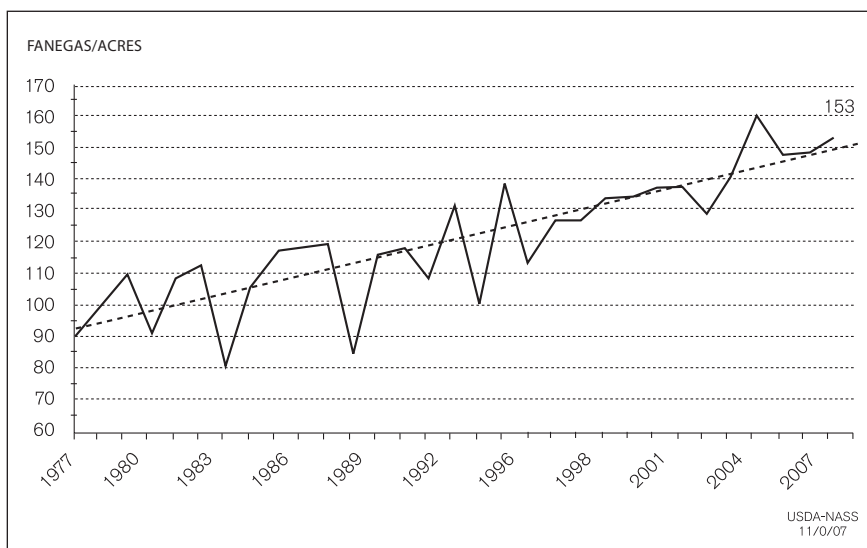



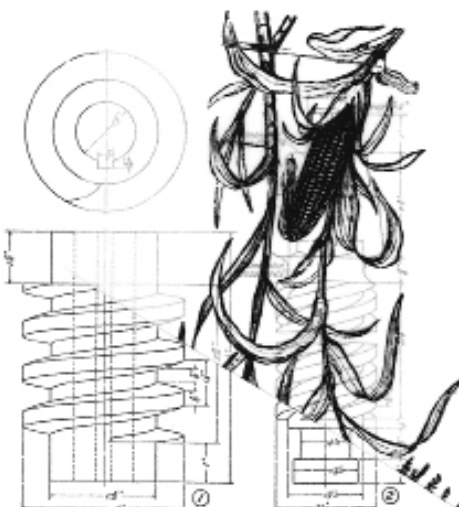
Figura 2. Producción de maíz en los Estados Unidos. La línea vertical indica el año en el cual fueron introducidos los maíces transgénicos a la producción; la línea punteada es una regresión lineal que indica la evolución de los rendimientos desde el momento en que se introdujo esta tecnología, las diferencias no son significativas. (Fuente: http://www.nass.usda.gov/Charts_and_Maps/Fields_Crops/index.asp, con modificaciones proporcionadas por el Dr. Amalio Santacruz Varela del Instituto de Recursos Genéticos del Colegio de Postgraduados).

menciona sobre el inventario forestal de los Estados Unidos, el cual ha aumentado 30% en los últimos años, es decir, que se tienen más bosques; sin embargo, su consumo de productos forestales, sobre todo papel y maderas suaves, va a aumentar 40% en los siguientes 50 años, ¿a quién le pasarán la factura ambiental?, a los países subdesarrollados.

En este sentido, de acuerdo con datos del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos, la producción de maíz en ese país no ha aumentado substancialmente con el uso de maíces transgénicos (figura 2).

El asunto de los maíces transgénicos en México obliga a plantear algunas preguntas relacionadas con la ética: ¿es aceptable liberar al ambiente organismos cuyo funcionamiento no conocemos cabalmente?, ¿debemos

arriesgar la alimentación de la población humana, especialmente la campesina e indígena, que dependen directamente del cultivo de las diferentes razas de maíz mexicanas?, ¿debemos permitir que se imponga la visión del mercado a poblaciones cuyo objetivo inicial es lograr la seguridad alimentaria de la familia y de sus comunidades? ¿Debemos permitir la pérdida de parte de la diversidad biológica que deben heredar las generaciones futuras? Y tal vez las más importantes, ¿qué haremos en el futuro cercano?, ¿cómo participaremos para que el rumbo del país sea diferente? 



Carlos H. Ávila Belo
Universidad Veracruzana. Miembro del Directorio Nacional de Expertos en Bioseguridad.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Bourges, H. y S. Lehrer. 2004. "Assessment of human health effects", en *Maize and biodiversity: the effects of transgenic maize in Mexico*. Secretariat of the for Environmental Cooperation of North America. Montreal, Canadá (http://www.cec.org/files/PDF//Maize-Biodiversity Chapter7_en.pdf).

CRIGEN. 2005. Rapport sur le maïs génétiquement modifié MON 863 de la compagnie MONSANTO (<http://www.criigen.org/index2.php>, consultado el 30 de abril de 2008).

De Garine, I. y L. A. Vargas. 1997. "Introducción a la investigación antropológica sobre alimentación y nutrición", en *Cuadernos de nutrición*, vol. 20, núm. 3, pp. 21-28.

FAO. 1989. Recursos fitogenéticos. FAO. Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza. UNESCO. Roma.

FAO. 2001. "Los organismos modificados genéticamente, los consumidores, la inocuidad de los alimentos y el medio ambiente", en *Estudios FAO: Cuestiones de ética*. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Roma.

Goetzal, A. 2000. "Consumption and concerns: a delicate balance", en *Journal of Forestry*, vol. 98, núm. 10, pp. 19-21.

Jørgensen, R. B.; T. Hauser; T. R. Mikkelsen y H. Østergård. 1996. "Transfer of engineered genes from crop

to wild plants", en *Trends in plant science*, vol. 1, núm. 10, pp. 356-358.

Ortega P., R. 2003. "La diversidad del maíz en México", en *Sin maíz no hay país*, Esteva, G. y C. Marielle (coords.). CNCA/MNCP, México, pp. 123-154.

Quist, D. y H. Chapela. 2001. "Transgenic DNA introgressed into traditional maize landraces in Oaxaca, Mexico", en *Nature*, vol. 414, núm. 29, pp. 541-543.

Robinson, D. J. 1996. "Environmental risk assesment of releases of transgenic plants containing virus-derived inserts", en *Transgenic research* 5, pp. 359-362.

Skog, K. E. y P. J. Ince. 2000. "Industrial ecology and sustainable forestry", en *Journal of Forestry*, vol. 98, núm. 10, pp. 20-21.

IMÁGENES
Benjamín Murguía, Transcollage, 2008.

Palabras clave: biotecnología, transgénicos, maíz, salud humana.
Key words: Biotechnology, transgenics, corn, human health.

Resumen: La biotecnología comprende procesos técnicos aplicados a fenómenos biológicos. El uso de semillas transgénicas ha generado controversias relacionadas con salud humana, diversidad biológica, ciencia y seguridad alimentaria. En esta colaboración se discuten los aspectos anteriores con el fin de informar y reflexionar respecto a los posibles riesgos de este tipo de tecnologías.

Abstract: Biotechnology consists of technical processes applied to biological phenomena. The use of transgenic seeds has given rise to controversies over issues such as human health, biological diversity, science, and food safety. This piece examines these issues in order to inform the reader and reflect on the potential risks biotechnology entails.

Carlos H. Ávila es ingeniero agrónomo por la Universidad Autónoma Metropolitana-Xochimilco. Obtuvo el doctorado en agroecología en el Colegio de Postgraduados. Se desempeña como profesor-investigador en la Universidad Veracruzana. Es miembro del Directorio Nacional de Expertos en Bioseguridad de la Conabio. Es miembro de diversas sociedades científicas.

Recibido el 15 de diciembre de 2006, aceptado el 19 de junio de 2007.