



La biotecnología y los maíces mexicanos

CARLOS H. ÁVILA BELLO

Profesor-investigador de la Universidad Veracruzana.

Miembro del Directorio Nacional de Expertos en Bioseguridad.

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 una bacteria (*Agrobacterium tumefaciens*) en algunas plantas dio inicio a experimentos con los que se logró sustituir genes de una planta por los de la bacteria, con lo que se sentaron las bases de la ingeniería genética. Sin embargo, el uso de semillas transgénicas, es decir, aquellas a las que se le han modificado secuencias específicas de ADN y son sustituidas 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 para el caso del maíz. Se argumenta que tenemos un atraso importante en este tipo de tecnologías y que la discusión se basa más en la ignorancia e intereses particulares que en razones de fondo.

El maíz es la planta fundamental de nuestra cultura (Florescano, 2003). Es interesante mencionar que transnacionales como Monsanto esperan que los transgénicos representen en México entre 75 y 80% de sus ventas. Esta empresa quiere recuperar la inversión de más de 40 millones de dólares que ha realizado en el país desde hace una década; para lograrlo requiere que se permita la siembra, primero a nivel experimental y luego de manera definitiva, de maíces transgénicos, y es que el maíz reditúa mundialmente cada año casi 75 billones de dólares (Iltis, 2000).

México como centro de origen del maíz

Un argumento para solicitar la liberación de maíz transgénico es que sólo algunas regiones del país

son centro de origen de esta planta, lo cual es falso. Un centro de origen es el lugar en donde se encuentran los parientes silvestres de las plantas cultivadas. En esos lugares, a través del proceso de domesticación, se originaron la agricultura y la civilización, y para ello los grupos indígenas lograron, a través de un trabajo milenario, cambios genéticos, morfológicos y fisiológicos en las plantas manejadas (Hernández X., 1985). El gran genetista ruso Vavilov propuso de manera sólida los diferentes centros de origen de las plantas cultivadas en el mundo. A su vez, Harlan (1998), menciona que la agricultura basada en el maíz fue expansiva, es decir, aunque su desarrollo más fuerte se dio en Mesoamérica, se extendió hasta Canadá y Sudamérica.

Para Iltis (2000), ninguna planta cultivada tiene un origen más enigmático que el maíz (*Zea mays* L. ssp. *mays*). A pesar de las controversias, se ha aceptado que el maíz derivó de un pariente silvestre, localizado en México, llamado teozintle (*Zea mays* L. ssp. *parviglumis*) y no de *Tripsacum*, otra planta aparentemente emparentada. El origen del cultivo es mesoamericano, sin embargo, la evidencia más antigua de su uso se encontró en la cueva del Murciélago en Nuevo México y en La Perra, otra cueva al sur de Tamaulipas, con una antigüedad aproximada de 3 000 a 4 000 años A. C. (Wolf, 1982; Iltis, 2000.) No existe un acuerdo definitivo respecto al número de razas de maíz que existen en México; Ortega P. (2003) reconoce 41 razas, mientras que Sánchez *et al* (2000), mencionan 59, casi una por cada pueblo indígena, para quienes el maíz forma parte fundamental de su cultura ancestral, misma que no hemos terminado de entender ni de incorporar al progreso del país y cuyo papel es esencial para preservar los maíces nativos. De acuerdo con la Comisión Nacional para el Uso y Estudio de la Biodiversidad (Conabio), se puede encontrar maíz



en todo el país, con excepción, tal vez, de Baja California. En cuanto a los teozintles, en el caso de *Z. diploperennis*, se ha encontrado que esta planta resiste varias enfermedades virales que afectan al maíz (Guzmán e Iltis, 1991), en algunos casos ésta es la única fuente reportada de inmunidad (cuadro 1), por lo que su información genética es sumamente valiosa. En Nobogame, Chihuahua y en Durango, se han encontrado poblaciones de teozintle (*Z. mays* ssp. *mexicana*). Si se profundiza en el estudio de estos y otros lugares del norte del país, seguramente se encontrarán más evidencias de poblaciones de esta especie cuya información genética guarda aún muchas sorpresas para la ciencia.

Los maíces norteros

Otro argumento usado para solicitar la siembra de transgénicos de maíz en el norte del país es que la diversidad de maíces en esa región no es alta. Muchas de las razas nativas de esas zonas han disminuido su área de distribución debido a la adopción de híbridos, por ejemplo Ortega P. (2003) menciona que el maíz chapalote, del que se obtiene pinole, era abundante en Sinaloa y Sonora. Hoy se encuentra en peligro de extinción; así mismo, el palomero de Chihuahua es ahora raro; lo mismo sucede con el blandito de Sonora; Sánchez *et al* (2000) mencionan que la raza chapalote incluye a su vez a otros maíces como el reventador (distribuido en Nayarit, Sonora, Baja California y Jalisco), así como al dulcillo del noroeste, el elotero de Sinaloa, el harinoso de ocho, el tabloncillo perla y el onaveño. De acuerdo con estos últimos autores el número de pares de genes del dulcillo del noroeste es muy bajo, lo que lo hace muy vulnerable a la extinción, de hecho mencionan que de los 303 genes que estudiaron en 59 razas de maíz, la gran mayoría son raros; 65% de las frecuencias de sus genes son menores a 0.01 y algunos sólo se encuentran en una sola raza. Lo anterior es una clara señal de que la introducción de los maíces transgénicos puede provocar que muchas razas nativas desaparezcan definitivamente, a través de un fenómeno llamado introgresión, es decir, el proceso por el cual los genes de una planta emparentada con otra se incorporan de manera estable en el código genético. La contaminación por transgénicos es muy posible debido a que el maíz, los teozintles y los

maíces transgénicos son plantas de polinización libre, es decir, el polen puede viajar muchos kilómetros por medio del viento o adherido al cuerpo de animales o al ser humano; además todas las especies poseen el mismo número cromosómico ($n=20$). Quist y Chapela (2001) encontraron maíces nativos contaminados en Oaxaca; Jorgensen *et al* (1996), observaron cruzamiento de especies cultivadas y silvestres de *Brassica napus* y *B. rapa*, conocida en México como colza o vaina para pájaros, que desarrolló resistencia a herbicidas como el Roundup de Monsanto; Robinson (1996) menciona que lo mismo puede suceder con plantas en cuyo código genético se ha insertado información de alguna bacteria. Esto es preocupante ya que las 49 o más razas de maíz que existen en México, junto con los teozintles, constituyen una fuente de variabilidad genética, útil en el caso de que los maíces "mejorados", con su alta uniformidad genética, sean susceptibles a diferentes plagas o enfermedades; su pérdida constituiría una erosión genética irrecuperable. Un ejemplo de la importancia de la variabilidad genética sucedió con la papa en 1840 en Irlanda, un hongo, el tizón tardío (*Phytophthora infestans*), atacó durante cinco años este cultivo; debido a ello murieron cerca de dos millones de personas y casi el mismo número emigró a Estados Unidos. Las especies silvestres y sus parientes localizados en Perú fueron la fuente de diversidad genética para encontrar resistencia a este hongo (FAO, 1989). Un caso similar se presentó en 1970 cuando la roya del maíz hizo que los granjeros de Estados Unidos perdieran hasta la mitad de su cosecha debido a este hongo; nuevamente, la fuente de resistencia se encontró en un maíz desarrollado localmente en África.

El artículo 8 del capítulo tercero del reglamento de la Ley de Bioseguridad será imposible de cumplir, ¿cómo lograrán la Sagarpa y la Semarnat prevenir el flujo génico en plantas de polinización libre que se encuentran a cielo abierto? A esto se agrega 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 relacionados con prevención y monitoreo, cuenta actualmente con cerca de 800 investigadores a nivel nacional, cuando en 1986 tenía 3 mil. Esto ha repercutido en el



abandono de programas de investigación, en la importación de conocimiento y tecnología –con la consecuente dependencia económica–, así como en la búsqueda de fuentes de financiamiento que en muchas ocasiones provienen de Monsanto, Pioneer, DNA Plant Technology, Asgrow Mexicana, Aventis o Syngenta, entre otros.

Los transgénicos y sus riesgos

La creación de variedades transgénicas es un adelanto de la ciencia, sin embargo, es importante reflexionar acerca de las posibles consecuencias de su liberación, sobre todo porque se trata de seres vivos cuyo comportamiento puede cambiar de acuerdo con los factores ambientales; a esto hay que agregar los posibles y desconocidos cambios que pueda generar la alteración en el código genético, en especial en la salud humana. De hecho se han cuestionado 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 sustituir la función de algunas enzimas llamadas ligasas, particularmente importantes en muchas funciones celulares humanas;

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 (CRIIGEN, 2005).

Ética, ciencia, visión del mundo

El asunto de los maíces transgénicos en México tiene vertientes que involucran cuestiones éticas. ¿Es éticamente aceptable liberar al ambiente organismos cuyo funcionamiento no conocemos cabalmente? ¿Sería aceptable arriesgar la alimentación de las poblaciones humanas, especialmente las campesinas e indígenas, que dependen directamente del cultivo de las diferentes razas de maíz mexicanas? ¿Debemos continuar imponiendo la visión del mercado a poblaciones cuyo objetivo inicial es lograr la seguridad alimentaria de la familia y de sus comunidades? ¿Se debe permitir la pérdida de parte de la diversidad biológica que deben heredar las generaciones futuras? Algunos de los argumentos usados frecuentemente para la introducción del maíz transgénico son que existe un bajo rendimiento del culti-

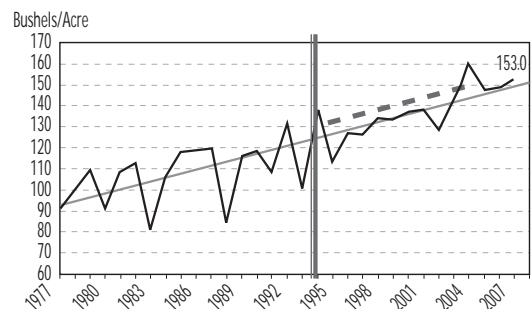
Cuadro 1. Susceptibilidad de *Zea diploperennis* a diferentes enfermedades del maíz
(modificado de Guzmán e Iltis, 1991).

Enfermedad	Reacción de la planta	Comentario
Enanismo clorótico	Inmune	No se conoce otra fuente de inmunidad
Mosaico de enanismo raza B	Tolerante o inmune	Existen algunos maíces tolerantes
Mosaico de enanismo raza A	Susceptible	Existen algunos maíces dentados inmunes
Moteado clorótico	Inmune	No se conoce otra fuente de inmunidad
Maíz débil	Inmune	Enfermedad africana sin otra fuente de inmunidad
Rayado del maíz	Tolerante	Lo afecta muy poco
Micoplasma de enanismo	Inmune	Encontrada en zonas templado-frías de América
Micoplasma de enanismo	Tolerante	Encontrada en zonas tropicales de América

Figura 2. Producción de maíz en 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.





vo, que estamos fuera del mercado global y que los recursos forestales se están deteriorando por la apertura de nuevas tierras a la agricultura, por lo que es fundamental aumentar la productividad, para disminuir la pobreza y la degradación ambiental. Los maíces cultivados en México presentan excelente adaptación ecológica y los campesinos un profundo conocimiento de su manejo como para alcanzar una alta producción y productividad en cada región del país. Se debe mencionar que, de acuerdo con datos del Departamento de Agricultura de Estados Unidos, la producción de maíz en ese país no ha aumentado sustancialmente con el uso de maíces transgénicos (figura 2). Por otro lado, se olvida 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 con 25% de la población 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. Esto se refleja en una presión muy fuerte sobre los recursos naturales, especialmente sobre aquellos de los países subdesarrollados. Es muy ilustrativo lo que Goetzel (2000) menciona respecto a que el inventario forestal de Estados Unidos ha aumentado 30% en los últimos años, esto es, 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 pasamos la factura ambiental? A los países subdesarrollados.

México es el centro de origen del maíz y del teozintle. La presencia de ambas plantas se puede encontrar a lo largo y ancho del territorio nacional, por lo que es fundamental 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. Es muy posible que los maíces y teozintles mexicanos se contaminen con la presencia de maíces transgénicos, incluso a nivel experimental. Las consecuencias ambientales y humanas son impredecibles, esto debe ser especialmente valorado ya que los 60 pueblos originales, es decir, más de 10 millones de personas, dependen directamente para su alimentación de este cultivo.

- 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.
- FAO, Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza, UNESCO, 1989, *Recursos fitogenéticos*, Roma. p. 38.
- Florescano, E., 2003, Imágenes y significados del dios del maíz en Esteva G. y C. Marielle (coords.), *Sin maíz no hay país*, Consejo Nacional para la Cultura y las Artes / Dirección General de Cultura Populares e Indígenas, México, pp. 36-55.
- Goetzel, A., 2000, "Consumption and concerns: a delicate balance", *Journal of Forestry*, 98 (10): 19-21.
- Guzmán, R. y H. Iltis, 1991, "Protección de genes perennes de maíz en una reserva de la biosfera", *Diversity*, 7 (1 y 2): 89-92.
- Harlan, J. R., 1998, "Distribution of agricultural origins: a global perspectiva" en Damania, A. B.; J. Valkoun; G. Wilcox y C. O. Qualset (comps.), *The origins of agriculture and crop domestication*, International Center for Agricultural Research in Dry Areas, Aleppo, Siria, pp. 1-2.
- Hernández X. E., 1985, *Biología agrícola*, Compañía Editorial Continental, México.
- Iltis, H. H., 2000, "Homeotic sexual translocation and the origin of maize (*Zea mays*, Poaceae): A new look at an old problem", *Economic Botany*, vol. 54, núm. 1, pp. 7-42.
- Jorgensen, R. B.; T. Hauser; T. R. Mikkelsen y H. Østergård. 1996, "Transfer of engineered genes from crop to wild plants", *Trends in plant science*, 1 (10): 356-358.
- Ortega P. R., 2003, "La diversidad del maíz en México" en Esteva G. y C. Marielle (coords.), *Sin maíz ..., op. cit.*
- Quist, D. y H. Chapela, 2001, "Transgenic DNA introgressed into traditional maize landraces in Oaxaca", *Nature*, (414): 29 541-543.
- Robinson, D. J., 1996, "Environmental risk assesment of releases of transgenic plants containing virus-derived inserts", *Transgenic research*, 5: 359-362.
- Sánchez G., J. J.; M. M. Goodman y C. W. Stuber, 2000, "Izomatic and morphological diversity in the races of maize of Mexico", *Economic Botany*, 54(1): 43-59.
- Skog, K. E. y P. J. Ince., 2000, "Industrial ecology and sustainable forestry", *Journal of Forestry*, 98(10): 20-21.
- Wolf, E., 1982, *Pueblos y culturas de Mesoamérica*, Era, México.