

POTENCIAL PRODUCTIVO DEL CAMPO MEXICANO PARA PRODUCIR MAÍZ NO TRANSGÉNICO EN LOS PRÓXIMOS 25 AÑOS

■ Antonio Turrent Fernández* ■

1. Introducción

La producción total y per cápita de maíz ha aumentado en los tres quinquenios recientes, siendo iguales, respectivamente, a 18.04 millones de toneladas y 191 kilogramos (kg) en el quinquenio 1995–1999, a 19.89 toneladas y 195 kg en el quinquenio 2000–2004, y a 22.29 toneladas y 211 kg en el periodo 2005–2008.¹ Sin embargo, la importación

* Es investigador nacional emérito. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Unión de Científicos Comprometidos con la Sociedad, A. C.

1. Consejo Nacional de Población. *De la población de México 2005–2050*, México, CONAPO, 2009. Disponible en http://conapo.mx/index.php?option=com_content&view=article&id=123&Itemid=192

total y la per cápita también han crecido significativamente en los mismos periodos: 4.40 millones de toneladas y 47 kg en el quinquenio 1995–1999, a 7.23 toneladas y 71 kg en el quinquenio 2000–2004 y a 10.26 toneladas y 97 kg en el periodo 2005–2008. Estas tendencias reflejan que el incremento en el consumo nacional aparente de maíz supera el incremento de su producción nacional, lo cual resulta en la agudización de la dependencia del exterior. Tal dependencia fue 20% en 1995–1999, 27% en 2000–2004, y 32% en 2005–2008. La prolongación de estas tendencias indica que podría alcanzarse una dependencia del orden de 45–50% hacia 2025, lo que es, obviamente, insostenible desde el punto de vista de la seguridad alimentaria nacional.

En México, la agudización de la dependencia del mercado internacional para satisfacer la demanda creciente de maíz explica la proclividad del gobierno federal hacia la liberación, a nivel comercial, del maíz transgénico (MT). La intensa publicidad de los consorcios multinacionales que producen MT y su profusa gestión desde el más alto nivel oficial hasta las organizaciones de productores, se han basado en la tesis —no respaldada por datos duros²— de que esta novedosa tecnología incrementaría los rendimientos nacionales, y con ello resolvería el problema de la suficiencia alimentaria nacional. Sin embargo, hay fracciones significativas de las organizaciones nacionales de productores y de la comunidad científica del país y del extranjero que se oponen a este camino por considerarlo riesgoso para la ecología, para la riqueza genética única del maíz nativo y sus parientes silvestres, la salud del consumidor, la dependencia

-
2. W. D. McBride y Jorge Fernandez-Cornejo. "Adoption of Bioengineered Crops", Agricultural Economic USDA Report 810; P. M. Guerin y T. F. Guerin. "A Survey of Yield Differences between Transgenic and Non-transgenic Crops", 2003. Disponible en <http://www.informaworld.com/smpp/title~content=t713453776~db=all~tab=issueslist~branches=49-v49>; B. L. Ma y K. D. Subedi. "Bt Maize Inferior Yield", en *Field Crops Research*, 93, 2005, pp. 199–211.

tecnológica y porque hay evidencias de que el campo mexicano tiene los recursos para lograr la autosuficiencia en maíz con tecnologías no transgénicas.

El campo mexicano cuenta con 31 millones de hectáreas de tierra de labor,³ con 100 millones de hectáreas para uso ganadero y con 58 millones de hectáreas ocupadas por macizos arbolados. Cada año llueve 1 530 kilómetros cúbicos (km³) de agua sobre el territorio nacional, de los cuales 410 km³ escurren al mar desde los ríos.⁴ En esta misma fuente se señala que la infraestructura hidráulica nacional retiene 147 km³, que hay, además, 31 km³ de aguas renovables en el subsuelo (exploradas en 73% del territorio), susceptibles para uso de riego y otros 110 km³ de aguas fósiles del subsuelo (en 50% del territorio nacional explorado), posibles de sobreexplotar. Con parte de estos recursos hidráulicos se riega unas seis millones de hectáreas. Cabe también resaltar el carácter heterogéneo de la distribución del agua y de la tierra bajo riego. El 63% del escurrimiento anual de los ríos del país se ubica en ocho estados del sur-sureste (Veracruz, Tabasco, Campeche, Yucatán, Quintana Roo, Chiapas, Oaxaca y Guerrero)⁵ mientras que sólo una minúscula fracción de la infraestructura hidroagrícola nacional se ubica en esas ocho entidades.

En este documento se discute el potencial productivo de maíz del campo mexicano con tecnología no transgénica, y se analiza el riesgo que representa para las 59 razas nativas de maíz (RNM) su inevitable interacción genética con los maíces transgénicos una vez que hayan sido liberados comercialmente.

3. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. *VII Censos agrícolas, ganaderos y ejidales de 1991*, México, INEGI, 1994.

4. Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos. *Agua y sociedad: una historia de las obras hidráulicas de México*, México, SARH, 1988, 299 pp.

5. Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos. *Atlas del agua de la república mexicana*, SARH, México, 1976.

1. Tesis I

La primera tesis es que el campo mexicano puede satisfacer la demanda nacional creciente de maíz con tecnología no transgénica.

En el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) se ha estudiado el potencial productivo del maíz de México desde la década de los sesenta del siglo XX, bajo el supuesto de que la tierra de labor fuera manejada con la tecnología desarrollada en su mayoría por el propio INIFAP, que es no transgénica. Esta tecnología reconoce que 70% de la superficie cosechada anualmente con maíz en México es espacio vital de cultivo de 59 razas nativas, y que en el resto de esas tierras es conveniente usar semillas mejoradas que derivan, preferentemente, de las mismas razas nativas. Como se verá en este documento, el uso comercial de maíz mejorado no transgénico, tanto de origen público como privado, es compatible con las 59 razas nativas porque aporta alelos deseables a través del “Mejoramiento Genético Autóctono” (MGA).⁶ La tecnología del INIFAP prevé el uso de prácticas de producción y de protección en todas las tierras de labor. En la actualidad, se cosecha maíz en casi 1.5 millones de hectáreas bajo riego y en 6.5 millones de hectáreas bajo temporal. El estrato de riego incluye las categorías de riego completo, punta de riego y riego de auxilio. El estrato de temporal abarca desde tierras de muy buena productividad (por sus buenos suelos y cielo) hasta tierras marginales por razones opuestas.

Nos referiremos al concepto de “potencial productivo de grano de maíz” para acotar lo que es posible producir si se aplica la tecnología no transgénica, pública y privada, disponible en el campo mexicano. Este

6. A. Turrent-Fernández, J. A. Serratos-Hernández, H. Mejía-Andrade y A. Espinosa-Calderón. “Liberación comercial de maíz transgénico y acumulación de transgenes en razas de maíz mexicano”, en *Revista fitotecnia mexicana*, 32 (4): 2009, pp. 257–263.

concepto se asemeja al de “reserva probada de petróleo”. Una vez realizados los estudios necesarios, sabemos cuánto y dónde está el petróleo en el territorio nacional, pero se requiere invertir en infraestructura y en varios tipos de servicios necesarios para convertir la reserva probada en plataforma de extracción anual. Siguiendo el símil, la producción anual de maíz correspondería a esa plataforma de extracción.

El estudio del potencial productivo de maíz publicado en 1986,⁷ se basa en 1 935 experimentos de campo bajo temporal y 610 bajo riego, conducidos por 13 instituciones nacionales en terrenos de productores de todo el país, en el periodo 1950 a 1980. Una gran fracción de los experimentos fue conducida con los materiales de maíz criollo aportados por los propios productores colaboradores, y el resto por híbridos mejorados por el INIFAP. Cada experimento cubre una superficie del orden de 0.25 de hectárea y contiene unos 15 tratamientos experimentales y sus repeticiones, que permiten estimar el rendimiento de grano y los requerimientos de manejo del cultivo en cada sitio experimental. Esta información nos da una medida de cómo afecta la variación climática anual y edáfica los rendimientos y la producción sobre el tiempo, porque incluye desde años de poca lluvia por efecto del fenómeno El Niño, hasta otros con lluvias adecuadas para altos rendimientos. Los 1 935 experimentos de temporal fueron agrupados en 72 agrosistemas de temporal, mientras que los 610 experimentos de riego fueron incluidos en una sola categoría de riego. El agrosistema de temporal quedó definido por cinco factores incontrolables: la precipitación y la evaporación del periodo junio–septiembre, la temperatura media anual, la profundidad del suelo y la pendiente superficial. Las tierras de labor bajo temporal del país fueron asignadas a los 72 agrosistemas aplicando métodos cartográficos. A partir

7. A. Turrent–Fernández. *Estimación del potencial productivo actual de maíz y frijol en la república mexicana*, Colegio de Posgraduados–Chapingo, México, 1986, 165 pp.

del rendimiento experimental y de la superficie de labor correspondiente a cada agrosistema, se estimó el potencial productivo nacional de riego y de temporal. El potencial productivo de maíz fue igual a 20.17 millones de toneladas en 1977, correspondiendo las superficies cosechadas de 6.507 millones de hectáreas bajo temporal y 0.973 millones de hectáreas bajo riego. La producción observada en ese año fue de 10.05 millones de toneladas.

El INIFAP actualizó el potencial productivo en 2003, a partir de nueva información experimental en 302 módulos de riego y 201 de temporal, más 1 297 parcelas de productores colaboradores conducidos entre 1987 y 1990.⁸ La nueva tecnología del INIFAP se basó en su segunda generación de semillas híbridas, públicas y privadas. Esta información elevó el potencial productivo a 29 millones de toneladas desde la base de 1.5 millones de hectáreas cosechadas de riego y 6.5 millones de hectáreas cosechadas bajo temporal. Este potencial ha de compararse con la producción del orden de 20 millones de toneladas obtenidas en los últimos años. En estimación posterior realizada por mí en 2008, sin publicar, y desde la base de 1.5 millones de hectáreas cosechadas de riego y seis millones de hectáreas de temporal, la estimación del potencial productivo de maíz se eleva a 33 millones de toneladas anuales; este potencial ha de contrastarse con la producción observada de 22 millones de toneladas anuales en el periodo 2005–2008.

Siguiendo el símil del petróleo, para ampliar las reservas probadas de maíz de México, el INIFAP condujo el proyecto Granos del Sur entre 1997 y 1999, en ocho estados del sur-sureste. En esta región se ubica 63% del recurso agua dulce del país y sólo una minúscula fracción de

8. A. Turrent-Fernández, R. Aveldaño-Salazar y R. Moreno-Dahme. "Análisis de las posibilidades técnicas de autosuficiencia sostenible de maíz en México", en *Terra*, 14 (4), 1996, pp. 445–468.

la infraestructura hidroagrícola nacional. Se cosecha maíz de temporal en dos millones de hectáreas de tierras de labor en el ciclo primavera-verano, mientras que esas tierras permanecen ociosas durante el ciclo otoño-invierno, a pesar de la amplia disponibilidad de fuentes renovables de agua dulce de la región. En el proyecto Granos del Sur se exploró el valor de la tecnología actual no transgénica para producir maíz bajo riego como segundo cultivo (ciclo otoño-invierno) en estas tierras. El resultado es que hay potencial para cosechar maíz de riego a razón de ocho toneladas por hectárea en un millón de esas hectáreas.⁹ La topografía típicamente ondulada de estas tierras da ventajas al tipo de riego presurizado con potencia eléctrica, respecto a otros sistemas, lo que hace necesaria la instalación de redes regionales de interconexión eléctrica, así como de otros elementos de infraestructura hidroagrícola. El conocimiento del potencial productivo de maíz de esta región incrementa las reservas probadas en ocho millones de toneladas por año. También hay reservas probadas de maíz en el orden de nueve millones de hectáreas de tierras que, aunque de vocación agrícola, están siendo subutilizadas en sistemas ganaderos extensivos. Estas tierras se ubican, principalmente, en Veracruz, Campeche, Tabasco, Oaxaca y Chiapas, también con amplio acceso a fuentes renovables de agua dulce.

Los estudios requeridos para instalar el proyecto de Gran Irrigación conocido como “Proyecto de los Ríos”, preveía la superficie de un millón de hectáreas de topografía plana en la región limítrofe entre Campeche

9. A. Turrent-Fernández, R. Camas-Gómez, A. López-Luna, M. Cantú-Alamaguer, J. Ramírez-Silva, J. Medina-Méndez y A. Palafox-Caballero. “Producción de maíz bajo riego en el Sur-Sureste de México: I: Análisis Agronómico”, en *Agricultura Técnica en México*, 30 (2), 2004, pp. 153-167; A. Turrent-Fernández, R. Camas-Gómez, A. López-Luna, M. Cantú-Alamaguer, J. Ramírez-Silva, J. Medina-Méndez y A. Palafox-Caballero. “Producción de maíz bajo riego en el Sur-Sureste de México: II. Desempeño financiero y primera aproximación tecnológica”, en *Agricultura Técnica en México*, 30 (2), 2004, pp. 205-221.

y Tabasco; estas tierras estaban dedicadas, en su mayoría, a la ganadería de tipo extensivo. La Secretaría de Agricultura y Ganadería, Pesca y Alimentación (SAGARPA) disponía de los estudios correspondientes en la primera parte de la década de los noventa. Se programaba sembrar arroz, mientras que la investigación mostraba que la rotación arroz, en el ciclo primavera-verano, y maíz, en otoño-invierno, sería factible. Lamentablemente, este proyecto no fue considerado como prioritario en esos años.

La inversión para tener acceso a las reservas probadas de grano de maíz incluye la definición de distritos de pequeña y gran irrigación con la infraestructura pertinente, interconexión eléctrica regional, financiamiento para riego presurizado, investigación agrícola, extensionismo y capacitación de productores, sistemas de comercialización y abasto, así como otros servicios.

Ante la disyuntiva de escasez relativa y de altos precios de maíz en el mercado internacional en los próximos 20 años, la sociedad mexicana habrá de decidir entre mantener el estatus actual de falta de inversión para el campo, adquiriendo su creciente déficit del mercado internacional, o realizar la inversión y hacer los cambios constitucionales necesarios para explotar sus recursos, racionalmente, y producir los alimentos en el campo.

En resumen, la producción potencial de maíz se ubicaría en el orden de 33 millones de toneladas anuales, bajo el supuesto de que no aumentara la superficie dedicada hoy a este cultivo. Este potencial se incrementaría en 24 millones de toneladas anuales si se dota de infraestructura hidroagrícola y se interconecta con electricidad un millón de hectáreas de tierra de labor actualmente de temporal, más dos millones de hectáreas de tierras bajo uso ganadero extensivo. El potencial actual de producción de maíz es del orden de 57 millones de toneladas anuales, que se

contrasta con el consumo anual aparente de 32 millones de toneladas anuales.

2. Tesis II¹⁰

La segunda tesis propone que la inevitable interacción genética entre los maíces transgénicos y los maíces nativos, si se libera el cultivo de aquellos a escala comercial, podrá conducir a la reducción de la biodiversidad del maíz y de sus parientes silvestres.

Es necesario prever que la liberación comercial del cultivo de MT en el campo mexicano pondría en juego, por lo menos, cinco fuerzas que, estimulando la interacción entre éste y las RNM, conducirán a la acumulación progresiva e irreversible de ADN transgénico en ellas. Estas fuerzas son: las prácticas de campo del MGA; la biología reproductiva del maíz; el estatus actual inmaduro de la tecnología del ADN recombinante; las características de una nueva oleada de maíz transgénico, y la obsolescencia del gene titular de la construcción transgénica.

2.1 Las prácticas de campo¹¹ del MGA

Para mantener el vigor de sus semillas de maíz, los campesinos las intercambian con sus vecinos y, con cierta frecuencia, también las adquieren de lugares distantes (asimismo, pueden tomar las mazorcas de los campos

10. Los argumentos de este apartado fueron publicados previamente en “Transgénicos amenazan la biodiversidad del maíz nativo”, en *La Jornada del Campo, La Jornada*, México, 13 de mayo de 2008.

11. De acuerdo con varios escritos de X. E. Hernández. “Experiences leading to a greater emphasis on man in ethnobotanical studies”, en *Economic Botany*, 41, 1987, pp. 6–11; X. E. Hernández. “La agricultura tradicional como una forma de conservar el germoplasma de los cultivos *in situ*”, en B. F. Benz (comp). *Biología, Ecología y Conservación del género Zea*. Guadalajara, Universidad de Guadalajara, 1993, pp. 243–256; D. Louette, A. Charrier y J. Berthaud. “In situ conservation of maize in Mexico: genetic diversity and maize seed

visitados: una o dos por visita) y las mezclan con la propia para facilitar su cruzamiento. De esta manera, evitan la consanguinidad en sus razas nativas de maíz e introducen nuevos caracteres. La mujer se encarga de seleccionar la semilla para la siembra con base en los rasgos morfológicos de la semilla y la mazorca, según el uso de acuerdo con el contexto cultural. La Ley de Bioseguridad de Organismos Genéticamente Modificados (LBOGM),¹² dicta la separación por distancia o por fecha de siembra para impedir la interacción en las RNM y el MT. Esta medida puede ser efectiva para evitar que el polen del MT alcance los jilotes de las RNM y viceversa, pero no impedirá que los campesinos viajeros, que buscan maíces atractivos para introducir a sus parcelas, tomen mazorcas de maíz transgénico sembrado comercialmente y las incorporen como progenitor a su proceso de MGA.

2.2 La biología reproductiva del maíz

El sistema reproductivo del maíz es típicamente promiscuo. En la polinización del jilote de cada planta intervienen de 10 a 20 machos vecinos; cada una produce hasta 25 millones de granos de polen y unos 500 óvulos. En la preparación de la fase reproductiva de una planta de maíz, una parte del ADN de cada cromosoma,¹³ aportado por el progenitor macho, es intercambiado con la fracción homóloga aportada por el progenitor femenino. Este proceso ocurre en 25 millones de eventos independientes

management in a traditional community”, en *Economic Botany*, 51 (1), 1997, pp. 20–38; D. Louette y M. Smale. “Farmers’ seed selection practices and traditional maize varieties in Cuzalapa, Mexico”, en *Euphytica*, 113 (1), 2000, pp. 25–41.

12. Presidencia de la República. *Ley de Bioseguridad de Organismos Genéticamente Modificados*, 2005, México, *Diario Oficial de la Federación*, 18 de marzo de 2008.

13. Cada cromosoma de la planta está integrado por dos cromátidas alineadas longitudinalmente, una proviene del progenitor macho y una del progenitor femenino.

y al azar en la formación de otros tantos granos de polen y de 500 o más óvulos en cada planta.¹⁴ Este mecanismo es proclive a la dispersión de nuevos alelos¹⁵ dentro de la población. En contraste, el frijol es una planta no promiscua, porque se autopoliniza en alto grado.

2.3 Estatus inmaduro de la tecnología del ADN recombinante (T-ADN-R)

No obstante los impresionantes logros de la biotecnología moderna, los métodos empleados para la transformación comercial de plantas¹⁶ aún no logran controlar la ubicación del inserto transgénico, si bien ésta es conocida *a posteriori* con gran precisión. En el mercado actual estadounidense y de Canadá de semillas de maíz transgénico hay 40 o más eventos transgénicos independientes aprovechados comercialmente.¹⁷ Con muy alta probabilidad, los insertos transgénicos se ubican en 40 o más posi-

14. T. A. Kiesselbach. "The structure and reproduction of corn", 1949, en *Research Bulletin* 161, Lincoln, NE, Agricultural Experiment Station–University of Nebraska Press, 1980, 93 pp.
15. El maíz tiene unos 32 mil genes y cada uno puede tener más de una variante que se denomina alelo. La diversidad genética de una especie se expresa a través del número de alelos de sus genes. México es el centro de mayor biodiversidad mundial del maíz.
16. D. Hoisington, G. M. Listman y M. L. Morris. "Varietal development: Applied Biotechnology", en M. L. Morris (ed.). *Maize Seed Industries in the Developing Countries*, Boulder, Colorado, Lynne Publishers, CIMMYT, 1998, pp. 77–102; G. Hansen, R. D. Shillito y M. D. Chilton. *T-strand integration in maize protoplasts after codelivery of a T-DNA substrate and virulence genes*, USA, Proceedings of the National Academy of Sciences, 94, 1997, pp. 11726–11730; T. Koprek, S. Rancel, D. McElroy, J. D. Lou Wersé, R. E. Williams-Carrier y P. E. Lemaux. "Transposon –mediated single-copy gene delivery leads to increased transgene expression stability in barley", en *Plant Physiology*, 125, Ontario, 2001, pp. 1354–1362. Fecha de acceso, 4 de Julio de 2009. Disponible en <http://agbios.com/dbase.php>; S. Gelvin. "Agrobacterium-mediated plant transformation: The biology behind the 'gene-jockeying' tool", en *Microbiology and Molecular Biology Reviews*, vol.67, 2003, pp. 16–37; K. Wang, B. Frame, Y. Ishida y T. Komari. "Maize genetic transformation", J. Bennetzen y S. Hake (eds.). *Handbook of Maiz: Genetics and Genomics*, Primavera, Nueva York, 2009, pp. 609–640.
17. Agbios. *GM Database. Information on GM Approved Products*, Merrickville, Ontario, 2009.

ciones diferentes (distintos cromosomas y diferentes ubicaciones dentro del cromosoma). Esta dispersión incontrolable es factor potencial de acumulación de ADN transgénico en las RNM expuestas a interacción con MT por la vía de la reproducción sexual. Otro rasgo de esta etapa inmadura de la T-ADN-R es que la construcción transgénica manejada comercialmente porta su propio promotor (con la función de impulsar la expresión del gene titular) y es un fragmento de ADN viral que actúa sin pausa en todas las células de la planta y que, en el mejor de los casos, no obedece la regulación del ADN residente de la misma planta (y en el peor, puede activar ilícitamente genes vecinos del ADN residente), y un gene marcador normalmente de resistencia a la penicilina, también con potenciales implicaciones ecológicas.

2.4 La nueva oleada de maíz transgénico

Los consorcios semilleros multinacionales operan en el mercado nacional de semillas mejoradas de maíz con híbridos no transgénicos adaptados a las mejores condiciones de producción: las de riego y las de buen temporal. Las progenies de estos híbridos no transgénicos y los maíces nativos —cuando son cruzados por los mismos campesinos— expresan vigor híbrido (mayor rendimiento), debido a la diversidad genética entre ambos progenitores. Seguramente estos híbridos no transgénicos ya han sido transformados por los mismos consorcios en previsión de su futura liberación comercial como transgénicos. Esta generación de híbridos transgénicos es diferente a los híbridos transgénicos importados como grano y acercados a los campesinos en programas oficiales de ayuda en áreas deprimidas y sembrados por ellos mismos mezclados con sus semillas.¹⁸

18. K. L. Mercer y J. D. Wainwright. "Gene flow from transgenic maize to landraces in Mexico: an analysis", en *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 123, 2008, pp. 109-115.

Aunque ambos tipos de híbridos transgénicos expresan vigor híbrido al cruzarse con los maíces nativos, el híbrido importado como grano es susceptible a las enfermedades prevalentes en México, a las altas temperaturas y competencia con malezas, días más cortos, etc. Éste no será el caso con la nueva oleada de híbridos transgénicos y, por lo tanto, tendrán mayor oportunidad de infiltrarse en el genoma de las razas nativas.¹⁹

2.5 Vida útil del gene titular de la construcción transgénica

Los plaguicidas, el control biológico específico y la resistencia genética “vertical” y “horizontal” son estrategias para la protección de los cultivos; todas ellas con vigencia finita. Esto es, que hay un periodo en el que ofrecen control efectivo de la plaga. La razón biológica de esta vigencia es la biodiversidad y la capacidad de mutación en las especies. Junto con el maíz coevolucionaron en Mesoamérica sus enemigos naturales y también los enemigos naturales de sus enemigos naturales. El gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*), por ejemplo, tiene biodiversidad en el país, como también la tienen 40 especies parasitoides²⁰ y sus entomopatógenos como el *Bacillus thuringiensis* y otros. Una cepa específica de Bt con capacidad para controlar el gusano cogollero lo es para una fracción de los genotipos de esta plaga, pero habrá otros genotipos que ya disponen de los alelos de resistencia específica en su ADN residente (porque ya mutaron durante su coevolución) y que sólo esperan que la presión de selección los beneficie para incrementar su frecuencia. Las poblaciones de gusano cogollero de Chiapas, Veracruz, Chihuahua, Oaxaca, etc., son biodiversas como lo

19. K. D. Whitney, R. A. Randell y L. H. Rieseberg. “Adaptive introgression of herbivore resistance traits in weedy sunflower *Helianthus annuus*”, en *American Naturalist*, 167, 2006, pp. 794–807.

20. F. Bahena. “Programa de combate ecológico de plagas del maíz. Campo Experimental de Uruapan”, México, INIFAP-CIAPAC, s/f.

son las RNM. El uso de MT en México como estrategia específica de control habrá de enfrentar este escenario de diversidad. Es cierto que todavía no se reportan muchos casos de obsolescencia de los maíces transgénicos que se usan intensamente contra otras plagas del maíz en Estados Unidos, Canadá, Argentina y Brasil, donde ya se despliegan estrategias para prolongar la vigencia de cada gene titular. Sin embargo, es inevitable que la vida útil termine más adelante. Cuando ése sea el caso, los consorcios semilleros dispondrán de otro(s) transgene(s) de Bt que permitan el retorno del control eficiente, de nuevo con una vigencia finita, tal y como ocurrió con la estrategia de los plaguicidas. Es indispensable remarcar que cuando eso ocurra, el o los eventos transgénicos específicos obsoletos serán descartados, y donde existan serán sólo contaminantes genéticos. Por eso, la biodiversidad de los enemigos naturales del maíz y de los enemigos de éstos es un motor potencial de incremento de construcciones transgénicas en el mercado de semillas mejoradas de maíz. Las RNM que hayan sido transformadas por cruzamiento con el evento transgénico obsoleto tendrán que convivir, de ahí en adelante, con esta fuente irreversible de contaminación genética, sin derivar ventaja, además de seguir acumulando nuevas construcciones transgénicas.

Los 49 eventos transgénicos que hoy existen en el mercado internacional de semilla de maíz transgénico funcionan, comercialmente, como independientes: sólo una o unas cuantas construcciones transgénicas por planta en cada híbrido comercial. En teoría es posible acumular esos 49 eventos transgénicos en las mismas plantas de maíz, a través de cruzamientos convergentes programados entre donantes individuales, dada la diferente ubicación de los 49 insertos en el genoma (diferentes cromosomas y loci). No se ha explorado tal acumulación de ADN transgénico por varias razones; una es que varios o muchos de esos eventos contienen el mismo gene titular (en ubicaciones diferentes) y no tendría sentido acumular réplicas. Otra razón podría ser que existiera un umbral de

acumulación inferior a las 49 construcciones transgénicas en operación, más allá del cual hubiera interferencia con el ADN residente del maíz y se pusieran en riesgo funciones vitales genéticamente controladas por aquél: fotosíntesis, metabolismo, forma, proceso reproductivo, defensa contra enemigos naturales, adaptación a altas o bajas temperaturas, rendimiento, etcétera.

Es también teóricamente posible, en el caso hipotético de la liberación comercial de MT al campo mexicano, que la interacción de las cinco fuerzas atrás citadas y otras más, condujeran —a través de varias o muchas generaciones de cruzamientos entre ambos materiales— a la acumulación irreversible e indeseable de los 40 eventos transgénicos en cada una de las 59 razas nativas de maíz de México. La misma posibilidad de existencia de umbrales de acumulación para cada RNM reduciría, sistemáticamente en su caso, la biodiversidad del maíz.²¹

Es atendible la hipótesis alterna, con frecuencia invocada por los proponentes de la liberación comercial del MT en México, que niega la existencia de tal umbral de acumulación, porque la presencia de ADN extraño es un fenómeno común en la evolución de las especies. A contrapelo se puede citar que si bien no se han observado individuos acumulantes de hasta 40 construcciones transgénicas por vía sexual, sí se los observa como producto del método biolístico con bajo, mediano y alto número de réplicas. Estos individuos (que seguro muestran daño somático por los impactos múltiples), por lo general, son desechados porque no son viables, o bien porque se comportan como genéticamente inestables. En todo caso, ambas posturas contrapuestas en cuanto a la existencia de un “umbral vital” de acumulación de ADN transgénico en las RNM carecen de cotejo experimental.

21. Y. A. Kato. “Variedades transgénicas y el maíz nativo en México”, en *Agricultura, Sociedad y Desarrollo*, 1 (2), 2006, pp. 101–109.

La fase experimental prevista en la LBOGM tiene por objeto despejar a cabalidad dudas como ésta, para definir el Régimen de Protección Especial del Maíz Nativo con implicaciones profundas en su biodiversidad. Es necesario intentar producir los acumulantes de hasta 49 construcciones transgénicas en cada una de las 59 RNM mediante cruzamientos programados bajo condiciones de cuarentena.²² Las progenies habrán de ser observadas para cotejar la hipótesis del umbral de daño irreversible en cada RNM. Este camino es una vía rápida para generar los individuos acumulantes de hasta 49. Debe cotejarse la hipótesis del “umbral de interferencia vital” del ADN transgénico acumulado en cada una de las razas nativas de maíz, en condiciones de cuarentena como requisito para proceder a las siguientes etapas de liberación piloto y comercial.

3. Conclusiones y recomendaciones

1. El campo mexicano tiene los recursos necesarios para producir hasta 57 millones de toneladas de grano de maíz, con tecnología no transgénica, mientras que el consumo nacional aparente es del orden de 32 millones de toneladas anuales.
2. El mejoramiento genético nativo del maíz —practicado por los grupos étnicos de México desde tiempos inmemoriales— y la siembra a escala comercial de maíz transgénico adaptado a una parte de los agroecosistemas mexicanos, son factores de interacción genética entre el maíz genéticamente modificado y las razas nativas de maíz, que podrán conducir a la acumulación progresiva de ADN transgénico en aquellas, con efectos hasta ahora desconocidos y que invocan la aplicación del Principio Precautorio.

22. A. Turrent-Fernández, J. A. Serratos-Hernández, H. Mejía-Andrade y A. Espinosa-Calderón. “Propuesta de cotejo-de impacto de la acumulación de transgenes en el maíz (*Zea mays L.*) nativo mexicano”, en *Agrociencia*, 43 (3), 2009, pp. 257-265.

3. Debe cotejarse la hipótesis del “umbral de interferencia vital” del ADN transgénico acumulado en cada una de las razas nativas de maíz, en condiciones de cuarentena como requisito para proceder a las siguientes etapas de liberación piloto y comercial.
4. Se recomienda posponer la liberación de la siembra de maíz genéticamente modificado en México, hasta conducir la investigación que esclarezca el efecto de la acumulación progresiva de ADN transgénico sobre las más de 50 razas nativas de maíz. Tal investigación habría de incluir, por lo menos: a) un plan de cruzamientos para crear poblaciones de RNM con cargas genéticas transgénicas desde 0 hasta 32, o bien 0 a 64 eventos transgénicos independientes, y b) procesos de evaluación fenotípica y genómica. Adicionalmente, la investigación habría de ser financiada con fondos públicos y realizada en microcosmos bioseguros.