



CAPÍTULO 8
BIOSEGURIDAD Y CONSERVACIÓN DEL MAÍZ NATIVO
EN MÉXICO¹



José Antonio Serratos Hernández y Alejandra Celeste Dolores Fuentes

Introducción

En años recientes se han publicado trabajos de investigación científica que presentan evidencias claras acerca de la dispersión de maíz transgénico en México, derivada de una política incongruente en materia de bioseguridad. En paralelo, se ha recuperado el estudio del maíz nativo y se ha renovado un gran interés por su conservación en diversos sectores de la sociedad civil, así como en las instituciones que tradicionalmente habían abordado estos temas y políticas públicas, como la Secretaría de Agricultura, las Universidades e Institutos de Investigación o la Secretaría de Medio Ambiente y sus dependencias. Esos procesos están concatenados y las repercusiones en el ámbito social, biológico, económico, cultural y político podrían ser de graves consecuencias si no se atienden de manera integral la protección y conservación del germoplasma por la importancia que en esas esferas tiene el maíz en México.

El Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) y el Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT) son las instituciones que, desde la década de 1940, han mantenido la colecta, conservación y aprovechamiento del maíz nativo

¹ Este capítulo está basado en el artículo de Serratos, (2009b): *Bioseguridad y dispersión de maíz transgénico en México*, publicado por la revista *Ciencias* de la UNAM.

en México, además de la cooperación internacional para la conservación del germoplasma mundial de maíz. Estas actividades de conservación fueron prácticamente suspendidas desde finales de los setentas y hasta finales de los noventas del siglo pasado (CIMMYT, 1988; Conabio, 2011), sin embargo, mediante el Proyecto Global de Maíces Nativos, la Conabio (2011) coordinó las actividades de diferentes instituciones con lo cual se incrementó notablemente la labor de colecta del maíz en prácticamente todo el país, llegando a alcanzar el número de muestras más de 22 000. El Proyecto Global de Maíces Nativos aunque enfatizó la utilización de la diversidad del maíz y la conservación *in situ*, siguió prevaleciendo la estrategia de la conservación *ex situ* que responde a la trayectoria tecnológica hegemónica de los países industrializados que concibe los recursos genéticos de maíz como capital de reserva en bancos de germoplasma para aplicaciones industriales y como seguro de riesgos a futuro (Serratos, 2009a).

Una manera de analizar la dispersión del maíz transgénico, y su relación con la conservación del maíz nativo mexicano para comprender las consecuencias de esta interacción es evaluar las acciones, las políticas o la filosofía que se han aplicado en la evaluación y el manejo de riesgos del maíz transgénico desde su implementación a finales de la década de 1980. En este trabajo se analizarán los procesos claves de la bioseguridad en México, que influyeron en la dispersión actual del maíz transgénico, así como el impacto que esto podría acarrear en la conservación *in situ* y *ex situ* del patrimonio genético de maíz en nuestro país.

Evolución de la bioseguridad en México a partir del Tratado de Libre Comercio de Norte América

En 1988, con la expedición del primer permiso para hacer pruebas en campo con un tomate modificado por ingeniería genética se inició la bioseguridad en México así como su discusión en círculos de especialistas y entre productores del norte del país (Serratos, 2009b), particularmente en el estado de Sinaloa, en donde se empezaba a concentrar la producción de maíz y que en los años siguientes alcanzaría el liderazgo nacional hasta el presente.

Hacia 1992, las autoridades de la Dirección General de Sanidad Vegetal (DGSV) eran oficialmente las encargadas de los temas de bioseguridad y biotecnología en el sector agrícola. Participante en la organi-

zación de protección de plantas de Norteamérica (NAPPO, por sus siglas en inglés) la DGSV se integró al esquema de bioseguridad de América del Norte. En ese mismo año se llevó a cabo la Convención de la Diversidad Biológica (CBD) en la que se delineó el uso responsable de la biotecnología, el principio precautorio y los primeros elementos para el establecimiento del Protocolo de Cartagena. México fue de los primeros países en firmarlo y ratificarlo; sin embargo, a nivel interno la participación de Secretaría de Medio Ambiente (SEMARNAT) fue bastante marginal en bioseguridad y, paradójicamente, los aspectos regulatorios siguieron siendo competencia plena de la Secretaría de Agricultura a través de la DGSV. Asimismo, el manejo de la biodiversidad agrícola siguió en manos del sector agropecuario y en particular el manejo y conservación de la diversidad del maíz se mantuvo bajo el control del INIFAP con el apoyo, principalmente, de las Universidades e Instituciones del sector agrícola y del CIMMYT. Para 1992, se había avanzado la fundamentación de la bioseguridad iniciada en 1988.

En 1993 se inició la discusión de la filosofía regulatoria y los principios de bioseguridad en el grupo *ad hoc* de científicos de disciplinas diversas, que años después constituirían el Comité Nacional de Bioseguridad Agrícola (CNBA). Esa filosofía se derivó de principios ecológicos y la hipótesis de trabajo se basó en la suposición de que “los ecosistemas —y particularmente la biodiversidad— pueden ser alterados por la introducción de OGMs” (Carreón-Zuñiga, 1994). De facto, el CNBA asumió las premisas de la Convención de la Diversidad Biológica para la protección especial de los cultivos de los cuales México es Centro de Origen. La visión de la DGSV y el CNBA se dirigía a la prevención y se utilizaba el principio de precaución con relación a los OGMs ya que la misión era evitar afectaciones a los cultivos de los cuales México fuese centro de origen y diversidad; el maíz fue la especie clave, paradigmática, para el CNBA.

La formalización del CNBA inició con el fortalecimiento de los diferentes aspectos de la bioseguridad del maíz y para ello se organizó un simposio acerca del maíz transgénico, su impacto en la conservación y en la diversidad del maíz nativo en México. En colaboración con el CIMMYT, INIFAP y con el financiamiento del Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (UNDP, por sus siglas en inglés), el CNBA organizó en 1995 el foro, *Flujo genético entre maíz criollo, maíz mejorado y teocintle: implicaciones para el maíz transgénico* (Serratos *et al.*, 1996). En ese foro se produjeron las siguientes conclusiones y recomendaciones, aportadas por los especialistas en maíz que participaron en el Foro y

que constituyeron la guía y los lineamientos aplicados en el CNBA para el análisis y manejo de riesgos del maíz transgénico entre 1995 y 1999. Éstas han sido enunciadas reiteradamente hasta ahora por diferentes actores y en diferentes escenarios, con lo que se prueba su pertinencia y visión de largo plazo:

- Adoptar la hipótesis de que sí ocurre la introgresión bidireccional entre maíz y teocintle aun cuando sea de baja frecuencia.
- [Tomar en cuenta que] la probabilidad de flujo genético entre maíz transgénico y criollo es mucho mayor que la anticipada para el maíz transgénico y el teocintle.
- Tener presente que los sistemas de producción y la utilización del maíz en Estados Unidos son muy diferentes a los de México, por lo que las evaluaciones del maíz transgénico y las técnicas seguidas para ello en el primer país no son necesariamente válidas para las condiciones del segundo.
- Hacer estudios cuidadosamente diseñados para obtener información precisa y cuantitativa acerca del flujo genético entre especies y variedades del género *Zea* antes de liberar comercialmente maíz transgénico en México, en vista de que no es posible anticipar los efectos, tanto favorables como desfavorables, que se producirían con las interacciones génicas de los transgenes y los genes "nativos".
- [Designar] áreas que consideren diferentes niveles de riesgo para el establecimiento de pruebas de campo y experimentación con maíz transgénico. La supervisión de las pruebas de campo en las diferentes zonas de riesgo deberá ser realizada por personal profesional capacitado y autorizado.
- [Llevar a cabo la] conservación ex situ de germoplasma de maíz en instalaciones adecuadas para el almacenamiento a largo plazo.
- [Construir y operar] en México un Banco Nacional de Germoplasma Vegetal, no sólo para maíz, sino para todas las especies botánicas de importancia agrícola.
- [Completar] con anterioridad a la liberación comercial del maíz transgénico, 20% de las colecciones que faltan para tener representada la diversidad genética del teocintle en México.
- Iniciar un programa de monitoreo de las poblaciones de teocintle con la participación de las instituciones locales con el propósito de rescatar el conocimiento que tienen las comuni-

dades que están de alguna manera asociadas al manejo de este germoplasma.

- [Considerar] en cuanto a las demás poblaciones de teocintle [*Zea mays* ssp mexicana razas Nobogame, Altiplano Central, Durango y Chalco; *Z. mays* ssp parviglumis variedades *parviglumis* y *huehuetenangensis*; *Zea luxurians*; *Zea nicaranguensis*; *Zea perennis*] propuestas similares a las de [*Zea diploperennis* en] la Reserva de la Biósfera de Manantlán.
- [Orientar] las prioridades de investigación y conservación [...] al maíz criollo y después al teocintle, ya que se anticipa que el flujo transgénico se daría en ese orden.
- Iniciar trabajos de conservación y caracterización en maíz y teocintle en zonas contiguas o cercanas a los poblados que tienen un alto crecimiento demográfico y en aquellos que están sujetos a cambios ecológicos importantes.
- Hacer un balance de riesgo-beneficio para determinar si los riesgos pueden ser mayores que los beneficios o viceversa, y discernir cuáles son los efectos de unos y otros sobre los productores de diferentes niveles socioeconómicos.
- [Enfocar la investigación] hacia los transgenes y las plantas transgénicas que ya se encuentran disponibles o avanzados en su desarrollo, entre los cuales se identifican los siguientes:
- El maíz transgénico que expresa la proteína insecticida del gen de la α -endotoxina de *Bacillus thuringiensis*; se infiere que la presencia de individuos tolerantes a la α -endotoxina podría contribuir al desarrollo de poblaciones de insectos resistentes al producto transgénico.
- El maíz transgénico con resistencia a herbicidas podría implicar para las poblaciones de teocintle dos tipos de situaciones: una situación de riesgo en el momento de la aplicación de herbicidas que acompaña la introducción de variedades transgénicas resistentes a éstos, o bien, en otro escenario se supondría una ventaja adaptativa para el teocintle, conferida por la introgresión del transgén, lo cual le permitiría desarrollar una mayor capacidad de sobrevivencia e incrementar su potencialidad de convertirse en maleza.
- Obtener información complementaria acerca del tamaño efectivo de la población, aspectos básicos de la panmixia y de la capacidad reproductiva de las poblaciones de teocintle.

- Diseñar investigaciones para determinar las frecuencias del flujo génico, frecuencias de introgresión y el efecto de los transgenes incorporados al teocintle.
- [Usar] marcadores codominantes para el estudio de las poblaciones experimentales seleccionadas, en tanto que el tamaño de la muestra debe ser adecuado para determinar las diferencias biológicamente significativas. Adicionalmente, se sugiere utilizar como fuente de polen las plantas resistentes a herbicida obtenidas mediante métodos convencionales con el fin de hacer comparaciones con materiales sustancialmente equivalentes.
- Llevar a cabo pruebas de campo con el maíz transgénico en México, siempre y cuando se tomen medidas adecuadas para prevenir el flujo génico. Estas medidas dependerán de qué se quiere probar y de los objetivos de los ensayos propuestos, tomando siempre en cuenta que las medidas de seguridad propuestas pueden ser válidas sólo para algunos genes, ciertas localidades y épocas determinadas.
- [Analizar] las instituciones que pretenden llevar a cabo estas pruebas. Se tendrá que demostrar que disponen del personal científico y técnico adecuado para manejar las pruebas con el debido profesionalismo, [así como] contar con infraestructura para realizar estos trabajos de una forma adecuada y responsable, y evitar el escape del polen.
- [Seguir permanentemente] las pruebas y llevar una bitácora, siempre a disposición de los miembros del Comité Nacional de Bioseguridad Agrícola
- [Establecer] mecanismos de acceso restringido y de vigilancia estricta en los sitios de prueba para evitar que salga material, voluntaria o involuntariamente, de estos lugares.
- Crear un mecanismo y un cuerpo especial de seguimiento y vigilancia durante la fase de experimentación y prueba de campo con maíz transgénico en México.
- Evitar el círculo vicioso de prohibir todo por falta de información.
- [Aislar el material transgénico] en el ámbito de los campos experimentales o centros de desarrollo de estos materiales.
- [Utilizar para] el aislamiento en campos de productores [lo siguiente:]

- Barreras físico-biológicas de contención de polen, las cuales podrían ser el mismo cultivo, en este caso maíz o la caña de azúcar en regiones tropicales y subtropicales.
- Si el material utilizado como barrera es [maíz] ni el grano ni el rastrojo deben usarse para alimento humano y animal.
- Si hay probabilidades de escape mediante el grano o la semilla, debe destruirse el grano que se obtiene de las barreras.
- Alrededor del sitio experimental no debe sembrarse maíz en el ciclo siguiente al ensayo con el material transgénico. Además, se deberá regar y barbechar el campo para eliminar las plantas voluntarias al finalizar el ciclo del ensayo.
- Analizar cuidadosamente y por anticipado las consecuencias de la desregulación [ya que] la liberación de maíz transgénico en México debe ser considerado como un caso especial y de gran importancia. El caso del maíz transgénico es diferente, no tanto en la etapa experimental, sino en la etapa de liberación comercial, en la cual no puede haber confinamiento y es en donde se presentará el mayor problema
- [Educar al] público para que comprenda lo que está ocurriendo con la introducción del material transgénico, sería un paso importante en la transparencia de la toma de decisiones para la desregulación.
- [Hacer un trabajo interinstitucional coordinado en la] investigación acerca del flujo de genes y el análisis de los riesgos biológicos derivados del uso y la liberación de plantas transgénicas.

Queremos enfatizar que en ese foro se establecieron de manera sintética los elementos fundamentales que fueron elaborados más ampliamente en las conclusiones y recomendaciones de otros estudios, particularmente destacamos el que suscribió la Comisión para la Cooperación Ambiental (CCA, 2004) del Tratado de Libre Comercio de Norte América porque se elaboró 9 años después y a consecuencia de lo que se anticipaba desde 1995: la incorporación de transgenes en el maíz nativo de México. No estamos argumentando que el informe de la CCA se haya basado en el Foro de 1995, simplemente apuntamos que existe una notable convergencia en esas recomendaciones y conclusiones.

En 1995 se concluyó la norma oficial NOM 056 FITO (publicada en 1996) que tenía el objetivo de *"establecer el control de la movilización dentro del territorio nacional, importación, liberación y evaluación en el medio*

ambiente o pruebas experimentales de organismos manipulados mediante la aplicación de ingeniería genética para usos agrícolas". Uno de los considerandos más importantes de la NOM 056 establecía que "la introducción de los organismos manipulados mediante ingeniería genética para aplicarse en agricultura, constituyen un alto riesgo por lo que su importación, movilización y uso en territorio nacional, debe realizarse en estricto apego a medidas de bioseguridad". Ese enunciado, derivado del principio precautorio, fue eliminado en la práctica al constituirse la Comisión Intersecretarial de Bioseguridad y Organismos Genéticamente Modificados (CIBIOGEM) la cual sustituyó la regulación por la promoción de beneficios derivados de la biotecnología a través de su uso responsable.

En la NOM 056 se hacía referencia al control de la importación de OGMS, sin embargo, este aspecto regulatorio fue excluido de la competencia del CNBA y sólo se le permitió evaluar la importación de OGMS que se utilizaran en pruebas experimentales en campo. Por lo tanto, la fuerte importación de grano de maíz de Estados Unidos, con un porcentaje creciente de maíz transgénico, se manejaba y se sigue manejando por diferentes áreas de la SAGARPA y de la Secretaría de Economía (en aquel tiempo la Secretaría de Comercio y Fomento Industrial, SECOFI).

El primer permiso para una prueba de campo con maíz transgénico fue concedido al Centro de Biotecnología Aplicada del CIMMYT en 1996. A partir de ese año y hasta enero de 1999 hubo un incremento significativo de solicitudes de experimentación en campo con maíz transgénico (Turrent y Serratos, 2004; Serratos 2009b). En ese período se llevaron a cabo pruebas de campo evaluadas, registradas y validadas por el CNBA las cuales generaron métodos y técnicas que permitieron el manejo básico del maíz transgénico en condiciones experimentales supervisadas (Serratos, 2009b). Así, en 1997 se tenían los elementos básicos para un escrutinio científico de las pruebas de campo en condiciones experimentales. Se concluyó que en superficies de menos de una hectárea, con supervisión técnica, desfase de cultivo y barreras físicas y biológicas, es posible manejar el maíz transgénico en campo. Sin embargo, la siguiente escala en este proceso, las pruebas piloto y el aumento en el tamaño de las parcelas experimentales en las condiciones del campo mexicano con relación a la agricultura del maíz, como ya se había discutido en el foro de 1995, constituían un muy alto riesgo de flujo genético y en consecuencia la ineludible incorporación e introgresión de transgenes en las poblaciones de maíz que se cultivan en México. Este riesgo se consideró inaceptable para la gran diversidad de

maíces de polinización libre y semilla criolla o acriollada que existe en alrededor de 80% de la superficie arable dedicada al maíz por lo que se inicio el análisis, discusión y evaluación de las recomendaciones de los especialistas en maíz para fijar una posición oficial con relación a las siguientes etapas en la bioseguridad del maíz nativo. Hacia finales de 1998, los miembros del CNBA propusimos una moratoria a la liberación de maíz transgénico y en la SAGARPA se implementó una moratoria *de facto* a la expedición de permisos para las pruebas de campo con maíz transgénico a través de la Subsecretaría de Agricultura.

El retroceso en bioseguridad

Al implementarse la moratoria *de facto* y con el cambio de gobierno en el año 2000, la SAGARPA reaccionó con cambios clave en la estructura de bioseguridad por lo que se congela la iniciativa de consolidar la moratoria y se crea la Comisión Intersecretarial de Bioseguridad y Organismos Genéticamente Modificados (CIBIOGEM) que deriva en la desintegración del CNBA. Un cambio radical sucede con la implementación de la CIBIOGEM y se anulan los principios del sistema regulatorio manejado por la CNBA, la cual funcionaba marcadamente enfocada en el espíritu de la Convención de la Diversidad Biológica y en la decidida protección de los cultivos originarios, en particular del maíz. El documento base para la creación de la CIBIOGEM, modificado por el gobierno federal, enfatiza "que nuestro país debe aprovechar los procesos que conducen a las innovaciones científicas y tecnológicas que en materia de biotecnología, bioseguridad y manejo de organismos genéticamente modificados se están dando en los diferentes países del orbe", además de "determinar, de conformidad con las disposiciones legales aplicables, criterios a efecto de que los trámites para el otorgamiento de autorizaciones, licencias y permisos a cargo de las dependencias, para la realización de las actividades [...] sean homogéneos y tiendan a la simplificación administrativa".

Con el abandono de los principios ecológicos y de protección de la biodiversidad agrícola en la CIBIOGEM, inicia la intervención y el cabildeo del sector biotecnológico de la academia el cual junto a autoridades de SAGARPA y de la propia CIBIOGEM promueven legislación en materia de bioseguridad. Con el apoyo de un sector de la Academia Mexicana de Ciencias, la CIBIOGEM y a través del Senador Rodimiro Amaya del Partido

de la Revolución Democrática se dio inicio a la discusión de lo que en el año 2005 se convirtió en la Ley de bioseguridad y organismos genéticamente modificados (LBOGM, 2005). Esta ley refleja indudablemente los intereses del sector biotecnológico que la promovió y está asimismo ligada a los intereses de las empresas biotecnológicas que convergen con ese sector de la academia. A partir del artículo 2 fracción XV de la LBOGM se introduce el fomento a la investigación en biotecnología como uno de sus mandatos. Posteriormente, en el artículo 9, fracción VI del capítulo II se establece como si fuera un principio de bioseguridad, el fomento a la investigación en áreas biotecnológicas. Aún más, en la fracción XII de este mismo artículo se introduce el apoyo a “*el desarrollo tecnológico y la investigación científica sobre organismos genéticamente modificados que puedan contribuir a satisfacer las necesidades de la Nación*”. Finalmente, el capítulo VI de la ley está dedicado a avalar el fomento a la investigación científica y tecnológica en materia de biotecnología y bioseguridad, pero de manera explícita se obliga al estado a fomentar, apoyar y fortalecer la investigación en esas áreas. En particular, se establece que: 1) se impulsará la investigación en biotecnología para resolver necesidades productivas específicas (Artículo 28); 2) se desarrollarán programas de biotecnología y bioseguridad (Artículo 29) y; 3) el CONACYT debía constituir un fondo para el fomento y apoyo a la investigación en esas áreas en las que pueden participar dependencias, entidades y recursos de terceros (Artículo 31).

Se puede concluir que en la LBOGM se encuentran profundas incongruencias con el objeto de la misma ya que la biotecnología y específicamente sus productos (OGMs) son los que deben estar regulados y supervisados. La bioseguridad es una actividad que requiere de la participación concertada de muchas disciplinas científicas por lo que esta ley al mandar la participación, fomento y desarrollo de la biotecnología, se le está privilegiando y al mismo tiempo se excluye o minimiza la participación de diversas disciplinas científicas y tecnologías, ecológicas, sociales, antropológicas y ambientales, que deberían estar por encima de aquella, para el manejo seguro de los OGMs. Al privilegiar en la LBOGM a la biotecnología en el manejo de la bioseguridad, culmina un proceso en el que se destruye el marco ecológico, ambiental y de protección a la biodiversidad en general y a la agrícola, en particular, con el que inició la bioseguridad en México.

Al establecer en la LBOGM que el estado aplicará el enfoque de precaución “*conforme a sus capacidades*” se inutiliza la potencia del principio precautorio y se introduce un elemento de discrecionalidad que ha resulta-

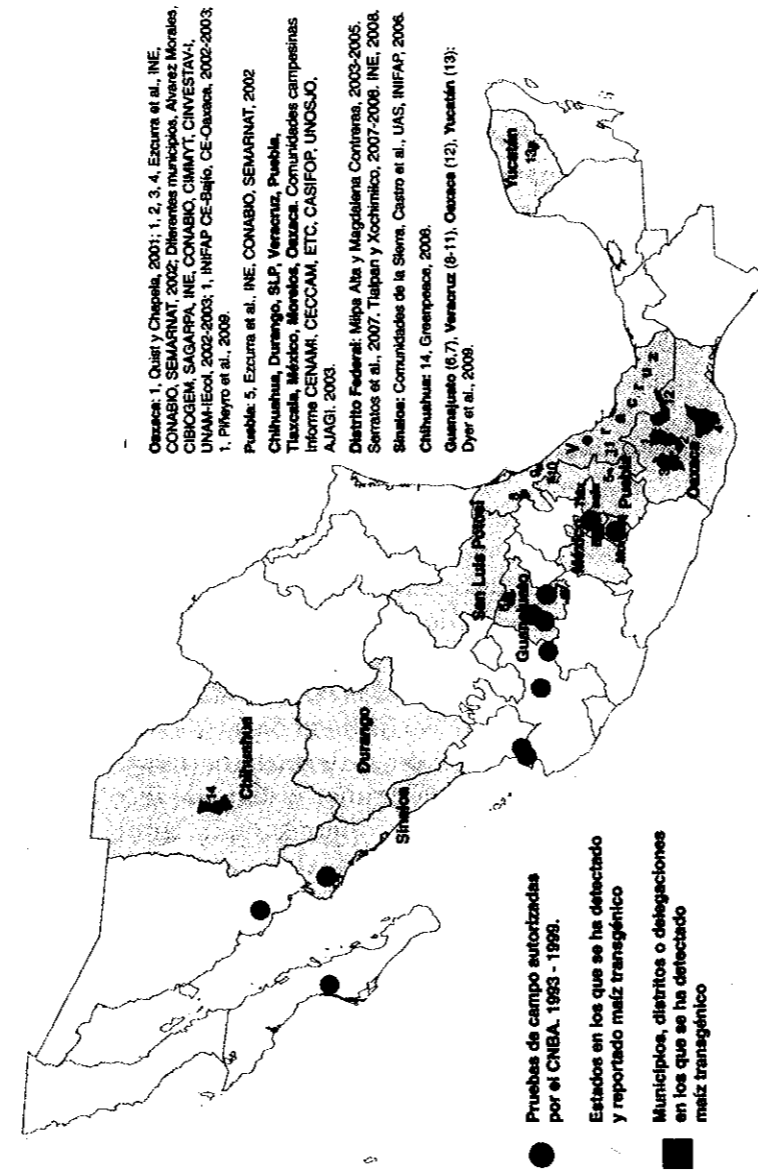
do perjudicial para la diversidad del maíz, porque su protección dependió de la importancia y prioridad que el gobierno asigne a esos recursos. Es claro que los gobiernos del 2000 al 2012 no han tenido como prioridad la conservación y protección del germoplasma ya que después de once años de la primera noticia del hallazgo de transgenes en el maíz nativo de Oaxaca (Figura 1), las instituciones de gobierno han sido incapaces de tener una respuesta oportuna y contundente por lo que se ha permitido que el problema avance hasta un grado alarmante. Los programas y medidas adoptadas en estos once años han resultado paliativos que permiten realizar propaganda gubernamental acerca de la conservación y la bioseguridad con la cual se oculta la realidad de la, al parecer, inexorable desregulación de maíz transgénico en los centros de origen, domesticación y diversidad del maíz localizados en nuestro país.

La conservación de la diversidad de maíz en México

En México se encuentran los centros de origen, domesticación y diversidad de una gran variedad de recursos fitogenéticos, entre ellos el maíz. No basta la identificación y documentación de dicha diversidad, es crucial la conservación de tales recursos, por lo que el funcionamiento de bancos de germoplasma —entre otras estrategias de conservación *ex situ*—, como complemento a la conservación *in situ* es un asunto de suma importancia.

La colecta de la diversidad de maíz nativo en México comienza desde principios de 1940. El primer trabajo de recolección sistemático fue hecho gracias al esfuerzo conjunto de la Fundación Rockefeller y la Secretaría de Agricultura de México, que crearon en la década de 1940, la *Oficina de Estudios Especiales (OEE)* y cuyo eje de investigación principal fue el mejoramiento del maíz y del trigo, pues eran los dos cereales con mayor superficie cultivada (72% de la superficie total del país) en el período 1939-1941. La OEE formó un banco de información genética con semillas provenientes de muchas regiones productoras de la República entre 1940 y 1960, y las más de mil variedades de maíces nativos fueron llevadas a la estación experimental de Chapingo con el fin de averiguar cuáles tenían las mejores características agronómicas. Así, se seleccionaron algunas variedades y se entregaron para su multiplicación a los agricultores del país. Este trabajo conjunto de la OEE, con instituciones mexicanas dio como resultado el libro “*Razas de Maíz*”

Figura 1. Evidencias de la presencia de maíz transgénico en México, según estudios llevados a cabo por Universidades, Dependencias de Gobierno y Organizaciones no gubernamentales de 2001 a 2009. En el mapa se localizan los sitios en donde el CNBA autorizó ensayos de campo con maíz transgénico de 1993 a 1999.



en México” (Wellhausen *et al.*, 1952) el cual ha servido como referencia fundamental para el conocimiento de la diversidad del maíz nativo mexicano hasta el presente (Gaona Robles y Barahona Echeverría, 2001; Taba, 2008; Serratos, 2009a; CIMMYT, 2012).

En ese tiempo, el gobierno mexicano estableció el Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas (INIA), actualmente INIFAP, el cual colectó más extensamente la diversidad de razas de maíz criollo entre 1970 y 1980. En el esfuerzo de colaboración de conservar las colecciones de razas criollas de maíz en América Latina, INIFAP ha cooperado junto con el CIMMYT, USDA y la Universidad de Carolina del Norte desde principios de 1980, regenerando y preservando dichas colecciones. El inventario hasta el 2005 de accesiones de maíces criollos fue de aproximadamente 9000 accesiones en ambas instituciones, (Taba, 2008; CIMMYT, 2012).

En 1966, se creó el Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT) con sede en México. En su primera etapa de investigación, dio seguimiento al trabajo de sus organizaciones precursoras (la OEE y el Programa Internacional de Maíz), y el CIMMYT se abocó a la colección, caracterización y conservación de muestras de semilla de maíz nativo de México. Posteriormente, en 1988 se fortalecían los bancos de germoplasma del CIMMYT e INIFAP y las iniciativas de redes de conservación como el Programa Latinoamericano de Maíz retomaban la sistematización, caracterización y documentación de la diversidad de maíz en el mundo y, en particular, la de México bajo el resguardo de INIFAP.

En la etapa actual, el CIMMYT tiene a su cargo el banco de germoplasma mundial en el cual se conservan más de 25,000 muestras de semilla de maíz, incluida la colección más grande del mundo de razas y muestras de parientes silvestres del maíz (teocintle y *Tripsacum*) y de variedades mejoradas.² El Centro mantiene estas colecciones en colaboración con instancias en todo el mundo, como patrimonio de la humanidad y con prohibición para ser patentadas o limitar por cualquier medio su libre distribución (Morris y López-Pereira 2000; CIMMYT, 2012).

² De 1988 a 1997, la superficie sembrada con maíz en México fue, en promedio, de 8.4 millones de hectáreas; el mismo estudio de impacto indica que, en 1996, el 20.3% de la superficie de maíz estaba sembrada con variedades mejoradas. No obstante, los materiales del CIMMYT representaban gran parte de ese porcentaje, pues el 73% de la semilla de variedades de polinización libre y el 90% de la semilla híbrida contenían germoplasma del CIMMYT.

Los trabajos y las colecciones resultantes desde los inicios de la colaboración OEE-INIFAP-CIMMYT desde los años 1940s, representan el 90% de la diversidad del maíz en las Américas. Así mismo, CIMMYT-INIFAP llevan más de una década de colaboración en estudios en el sureste de México sobre el manejo y la conservación *in situ* de las razas indígenas y las variedades criollas de maíz,³ contribuyendo sustancialmente a la mejor comprensión de los mecanismos de manejo de los recursos genéticos de cultivos locales, así como de quienes se dedican a él y de los retos que enfrentan (CIMMYT, 2012).

Por otra lado, en 1983, la Universidad Autónoma de Chapingo como parte de su Programa Nacional de Etnobotánica, crea el Banco Nacional de Germoplasma Vegetal. A la fecha, en los cuartos fríos para la conservación *ex situ* del germoplasma vegetal, el BANGEV, cuenta con un total de 18345 colectas curatoriales, además de parcelas manejadas en convenio con comunidades de agricultores tradicionales en las que se conserva *in situ* más de 1623 colecciones, (BANGEV-UACH). Los más recientes proyectos realizados por la Universidad de Chapingo en colaboración con el Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias de la Universidad de Guadalajara han logrado registrar 678 muestras de razas de maíz nativo de la región Jalisco y Michoacán. Sobresalen en número de registros, las razas de *Maíz Prieto de Tierra Caliente*, *Maíz Amarillo*, *Elotero de la Costa*, *Tsiri*, *Charápati*, *Tabloncillo Perla*, *Vandeño*, *Zamorano Amarillo* entre otras. Asimismo, en colaboración con la Universidad Autónoma Metropolitana Iztapalapa y el Campo Experimental Valle de México se concretaron 955 registros de maíz nativo de la región Loxicha de Oaxaca, además de 317 muestras de maíz nativo de Yucatán en colaboración con el Centro de Investigación Científica de Yucatán (CICY).

Al adherirse en 2001 al Tratado Internacional sobre los Recursos Fitogenéticos para la Alimentación y la Agricultura, auspiciado por la

³ Como parte de un proyecto colaborativo a nivel regional liderado por CIMMYT para rescatar y preservar las colecciones de diversidad del maíz, se ha trabajado, desde principios de los años 1990, con financiamiento de la Agencia Estadounidense para el Desarrollo Internacional (USAID), el Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA) y Japón, en la regeneración de unas 5,000 muestras de semilla de variedades que incluyen razas criollas y parientes silvestres. En 1997, CIMMYT-INIFAP (Oaxaca) colectaron y mejoraron muestras de las razas de Zapalote Chico, Bolita y Olotón. Esta clase de colección y conservación, junto con el mejoramiento participativo de las razas que los agricultores prefieren, ha aumentado, y en 2007 se lanzó un proyecto colaborativo con CONABIO destinado al estudio de la diversidad del maíz en la región de la Huasteca en México, sobre todo de versiones de grano blanco y amarillo de la raza Tuxpeño.

FAO, México se comprometió a mantener medidas normativas y jurídicas encaminadas a fomentar el uso sostenible de los recursos fitogenéticos. En respuesta a los compromisos derivados del mencionado tratado, el gobierno mexicano ha impulsado el desarrollo de varias Instituciones, por mencionar algunas de las más importantes; El *Centro Nacional de Recursos Genéticos (CNRG)* que forma parte de las acciones del *Sistema Nacional de Recursos Genéticos para la Alimentación (SINARGEN)*, asegura el resguardo y conservación a largo plazo de las colecciones que representan la biodiversidad mexicana. Dentro del SINARGEN, el subsistema más avanzado es el *Sistema Nacional de Recursos Fitogenéticos (SINAREFI, Subsistema Agrícola)* dado que es también el más antiguo. El SINAREFI desde su creación en 2002, coordinado por el Servicio Nacional de Inspección y Certificación de Semillas (SNICS), ha operado como un mecanismo de coordinación y vinculación, sin infraestructura propia —apoyado por 50 instancias (universidades, centros de investigación y enseñanza, asociaciones de productores y organizaciones civiles) y 270 investigadores organizados—, con el objetivo de conservar y promover la utilización de los recursos fitogenéticos de tal manera que se mejore la productividad y la sustentabilidad de la agricultura. (Claridades Agropecuarias, 2010; SINAREFI, 2009-2010).

Desde la iniciativa privada, en el 2008, se creó el *Proyecto Maestro de Maíces Mexicanos (PMMM)* que realiza trabajos para la conservación *in situ* de los maíces criollos mexicanos con recursos del fideicomiso conformado por Monsanto, la Confederación Nacional de Productores Agrícolas de Maíz de México (CNPAMM), el gobierno de Puebla y la UAAAN. Las primeras acciones de este proyecto fueron identificar las zonas, parcelas y productores que aún cultivan semillas de maíces criollos en la sierra del estado de Puebla y este programa ya se ha extendido a otros 13 estados, entre los que destacan Tlaxcala, Oaxaca, Estado de México, Michoacán, Sonora y Tamaulipas (Aguirre Moreno *et al.*, 2010). Para el 2010, la SAGARPA y la CNPAMM inician la primera etapa del Banco Nacional de Germoplasma de los Productores de Maíz de México en la UAAAN, que también forma parte del mismo PMMM, donde más de 200 productores de Puebla depositaron las colectas de 60 especies del grano. El Banco se ubica en 3.5 hectáreas de la Universidad y tiene una capacidad de almacenamiento de 435 m³, cuenta con un moderno sistema de conservación, mantenimiento y caracterización para albergar hasta 100 mil muestras. (SAGARPA, 2010).

Por otra parte, el Programa de Maíces Criollos (PROMAC) de la SEMARNAT coordinado por la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP) fue iniciado en 2009 para “promover la conservación de las razas y variedades locales de Maíz criollo y sus parientes silvestres en las regiones prioritarias para la conservación, así como apoyar proyectos comunitarios, estudios técnicos y cursos de capacitación que permitan la preservación y recuperación de sus poblaciones”. Con este programa se apoyaron 449 acciones de pago por conservación *in situ*, sembrándose 19,859.77 ha con maíz criollo de las cuales 8,447 ha se sembraron con razas de maíz criollo en riesgo alto, definidas por la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de Biodiversidad. Según sus objetivos este programa dará continuidad a largo plazo a las acciones del mismo aunque no hay reportes de proyectos y actividades realizadas y/o en fase para los últimos años.

En 2006, la CONABIO inició el proyecto, *Recopilación, generación, actualización y análisis de información acerca de la diversidad genética de maíces nativos y sus parientes silvestres en México (2006-2011)* (CONABIO, 2011) como parte del Proyecto Global de Maíces Nativos en un esfuerzo por actualizar la información de maíces y sus parientes silvestres en México y para la generación de planes estratégicos que permitan su conservación y aprovechamiento. El proyecto global se desarrolló de finales de 2006 a 2010, periodo en el que se financiaron y llevaron a cabo 12 proyectos específicos cuyos resultados están disponibles para todo público en la página web de la CONABIO (CONABIO, 2011). La base de datos del Proyecto Global de Maíces Nativos correspondiente a las colectas, está integrada por 22,931 de maíces nativos, 599 de teocintle y 527 de *Tripsacum*. Como resultado del proyecto, la CONABIO preparó un documento donde realiza recomendaciones a la SEMARNAT y la SAGARPA sobre la liberación de Organismos Genéticamente Modificados, entre ellas destacan:

- El monitoreo de OGM de maíz en México debe incluir las rutas de distribución de grano de maíz importado, ya que los cargamentos contienen maíz GM, y el grano es una semilla viable.
- Es necesario establecer incentivos para proteger y conservar la diversidad promoviendo que se reconozca, premie, valore y apoye a los sistemas y prácticas agrícolas tradicionales e innovadores que representan las formas de vida de millones de familias mexicanas que cultivan maíces nativos para el autoconsumo, los mercados locales y regionales.

- El desarrollo de la *biotecnología* puede atender ciertos problemas nacionales, pero debe de ser preferentemente *llevado a cabo por instituciones públicas nacionales que además garanticen que los elementos básicos para la seguridad alimentaria del país no sean sujetos de derechos o pagos por su uso.*
- En cuanto a la liberación al ambiente de maíces genéticamente modificados en México, se debe asumir que en un escenario de liberación comercial no se podrá controlar el flujo génico de maíces GM hacia otros maíces y sus parientes silvestres. Liberar maíz GM a nivel piloto o comercial creará riesgos a la diversidad genética del maíz que de manera inmediata tendrán costos institucionales de respuesta y gestión. Los beneficios deben ser claramente superiores a los riesgos antes de que decidamos asumir efectos potencialmente irreversibles en el centro de origen y de diversidad del maíz.
- La identificación de áreas que son centros de diversidad no implica que fuera de ellas las medidas de bioseguridad no se apliquen; al contrario, significa que las medidas de bioseguridad fuera de los centros de diversidad deben garantizar que maíces que sean OGM no lleguen a estas regiones de manera involuntaria o accidental, algo que como se indicó, es casi imposible.

Una vez más, encontramos convergencias en las recomendaciones que por más de 15 años se han discutido en México, en particular, la recomendación 4 de CONABIO se puede comparar con la recomendación 26 del Foro de 1995. Por supuesto las recomendaciones actuales están más elaboradas de las que se propusieron en el pasado, pero el cuestionamiento central persiste, ¿las instituciones tienen que iniciar *de novo* todos los programas, acciones e iniciativas, en cada administración? Por el contrario, encontramos divergencias e incongruencias con estas recomendaciones en casos recientes como el de la patente de proteínas insecticidas, desarrollada y financiada por la UNAM,⁴ en la cual se protege la o las plantas transformadas con esa proteína, entre otras el maíz, lo cual es una contradicción directa con la recomendación número 3 de la CONABIO.

⁴ <http://www.freepatentsonline.com/20090144854.pdf>. En los reclamos de protección se especifica que se protege, mediante la patente, “plantas transgénicas, semillas y células de plantas [maíz, algodón, soya, arroz, coliflor, entre otras] que contengan” el gene especificado en la descripción patentada.

En 2012, en Tepatitlán de Morelos, Jalisco, se inauguró el *Centro Nacional de Recursos Genéticos "Proyecto Bicentenario"*, instalación científica que recibió una inversión de casi 400 millones de pesos del Gobierno Federal y que cuenta con capacidad para resguardar hasta tres millones de muestras genéticas de la biodiversidad nacional. Una de sus líneas políticas es la de contribuir al rescate, conservación, uso, potenciación y aprovechamiento sustentable de los recursos genéticos. Hasta el momento se han accesado 23,500 muestras de tipo agrícola; sin embargo, todavía no se han dado a conocer los detalles de programas, acciones y proyectos de este Centro.

Hemos revisado los esfuerzos conjuntos en la preservación, resguardo y mejoramiento del germoplasma de maíz nativo. En la siguiente sección, analizaremos las implicaciones de la introducción de transgenes en el germoplasma de maíz nativo conservado *in situ* y *ex situ* y su repercusión en tan invaluable recurso fitogenético de México.

Discusión y perspectivas

Introducción de transgenes en los bancos de germoplasma de México y sus posibles consecuencias

La consolidación del modelo neoliberal mexicano, iniciado por Miguel de la Madrid en 1982, y profundizado por Vicente Fox y Felipe Calderón con el establecimiento de gobiernos "*de empresarios para empresarios*" en asociación con las cúpulas financieras que aplican políticas macroeconómicas "*cuyo objetivo es favorecer la atracción de flujos externos de capital y complacer al capital internacional*" (Guillén Romo, 2012), se ha reflejado en el caso particular de la bioseguridad en México a través de las demandas de las empresas biotecnológicas transnacionales que requieren simplificación administrativa y anulación o relajamiento de las regulaciones. El retroceso de las bases de la bioseguridad es un caso específico de ese modelo de políticas neoliberales encaminadas a la eliminación de regulaciones en materia agropecuaria y que en México, con el Tratado de Libre Comercio de América del Norte (TLCAN), se impondría para facilitar el comercio de productos de todo tipo. Estas medidas de liberación comercial y facilitación regulatoria permitirían, como ya se ha demostrado, la entrada indiscriminada de maíz transgénico a México, en virtud de que las reglas de comercio tienen primacía sobre la regulación en bioseguridad.

Con la administración Foxista se desencadenan una serie de medidas que transforman radicalmente las políticas de bioseguridad y que concluirían con la publicación de la LBOGM, así como con eventos que marcarían el desenlace de la dispersión del maíz transgénico en México (Figura 1). Como se mencionó, el trabajo de Quist y Chapela (2001) produce, entre el 2000 y el 2003, una reacción de investigaciones realizadas por el Instituto Nacional de Ecología (INE) en colaboración con CONABIO y la de SAGARPA-CIBIOGEM en el 2001-2002 (Serratos, 2009b).

La primera investigación oficial derivada de los resultados obtenidos por Quist y Chapela (2001) llevada a cabo por los investigadores del INE y de la CONABIO confirma la presencia de maíz transgénico en los estados de Oaxaca y Puebla y los resultados se presentan en la Conferencia Internacional "*LMOs and the Environment*" (OECD, 2002). En su participación, Ezcurra y sus colaboradores concluyen que, "*Si los resultados son corroborados [...] se confirmará definitivamente la presencia de elementos transgénicos sembrados en México a pesar de la moratoria a la siembra y cultivo de maíz transgénico en el país*".

Por otra parte, la SAGARPA conforma un comité *ad hoc* para llevar a cabo un estudio de gran magnitud en los estados de Oaxaca y Puebla. Los objetivos planteados fueron: 1) el muestreo extensivo de maíz de los dos estados; 2) determinar el origen del maíz transgénico y hacer una estimación del grado de dispersión que pudiese haber en ellos; 3) informar a la sociedad mexicana la situación del maíz transgénico en Oaxaca y Puebla y las acciones que la SAGARPA emprendería ante esa problemática. Esta investigación de SAGARPA se manejó de una manera mucho más restringida que la de INE y CONABIO, y contraria a la información con la que se contaba (Alvarez Morales, 2002; 2003) e incongruente con los principios de bioseguridad, la única decisión oficial que tomó la SAGARPA en el año 2003 fue el levantamiento de la moratoria *de facto* que se había establecido en 1998 (CCA, 2004).

De esa forma las competencias interinstitucionales resultaban antagónicas, pero fueron subsanadas a través del establecimiento de un control de información con relación a los hallazgos de maíz transgénico. De cualquier forma, no se pudo evitar una serie de protestas y acciones diversas de organizaciones de la sociedad civil que desembocaron en la denuncia pública ante la Comisión de Cooperación Ambiental (CCA) de América del Norte por la contaminación del maíz nativo de Oaxaca con maíz transgénico. Finalmente, esta estrategia de control de información se cierra con la publicación de Ortíz y colaboradores (2005) en

la cual se condensan las interpretaciones de los estudios oficiales y que se habían decidido años atrás en las conclusiones de los encargados gubernamentales de la bioseguridad: el maíz transgénico había sido controlado y había disminuido su presencia en las poblaciones de maíz nativo en Oaxaca. Actualmente, haciendo a un lado su propia ley, el gobierno va concediendo más permisos de "experimentación" con maíz transgénico en campo después de un largo proceso de destrucción de los pocos instrumentos de protección que se habían implementado al inicio de la bioseguridad en México.

Junto al desarrollo de experiencias en bioseguridad y las adecuaciones que se discutían para la protección del maíz nativo en el CNBA, la exploración y colecta de maíz nativo en México se había detenido y sólo hasta mediados de los años 90 del siglo pasado se continuaron las actividades de colecta y documentación del banco de germoplasma de maíz mexicano. Estas actividades fueron disminuyendo y las misiones para colectar y complementar la información del maíz en extensas regiones de la república contaban cada vez con menos recursos financieros. Esto fue así hasta el 2006 cuando la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO) lanzó convocatorias múltiples para reanudar esos esfuerzos de colecta y documentación en las zonas del país que requerían una exploración básica con relación a su diversidad de maíz.

Por otra parte, el foco de atención en cuanto a la conservación se había desplazado hacia la utilización de la diversidad de maíz concentrada en los bancos de germoplasma y, de manera significativa, hacia la conservación *in situ*. Con la Convención de la Diversidad Biológica se enfatizó el objetivo de conservación de los cultivos, su hábitat y el apoyo a los agricultores que los conservan. De esta manera, la conservación se convertía en una actividad integral para la protección de todo el agroecosistema y su diversidad, por lo que desde 1992 y hasta el presente se han destacado iniciativas que permiten el conocimiento de los sistemas agrícolas tradicionales como la milpa y el desarrollo de la "investigación participativa", en la cual, los agricultores son los sujetos que adquieren el conocimiento a través de su propia experiencia. En esta línea de investigación se han destacado instituciones como el CIMMYT, el INIFAP, el Colegio de Postgraduados, la UNAM, entre otras, y organismos no gubernamentales como el Grupo Interdisciplinario de Tecnología Rural Apropiada A.C (GIRA), el Grupo de Estudios Ambientales A.C. (GEA), el Centro Nacional de Ayuda a las Misiones Indígenas A.C (CENAMI) y el Centro de Estudios para el Cambio en el Campo Mexicano (CECCAM).

Bellon *et al.* (2009), afirman que el futuro de la diversidad del maíz está indisolublemente ligado al futuro de la agricultura campesina, con lo que se mantienen las prácticas de selección y flujo de semilla ancestrales, y por ende la selección divergente, el flujo génico y la conservación de recursos genéticos en manos de agricultores. Lo anterior significa que para mantener la diversidad es necesario diseñar mecanismos de intervención que no solamente estimulen la conservación del material genético, sino que contribuyan a mejorar los resultados productivos y económicos para los agricultores.

Hacia mediados de los años 90 se consolidaron cerca de 10,000 accesiones (muestras) de la diversidad de las 59 razas de maíz de México catalogadas en el Banco de Germoplasma del INIFAP en colaboración con CIMMYT. En años recientes gracias al impulso de la CONABIO (2011) se han podido recolectar más de 12,000 muestras de maíz nativo en todo el país, pero principalmente en algunas regiones que se habían olvidado y en algunas otras que requerían una re-exploración por el cambio en el uso y la pérdida de suelo, así como la emigración de los productores. En los dos sexenios más recientes se ha decidido seguir en el clímax de los gobiernos neoliberales: la conservación *ex situ* en bancos de germoplasma.

En la actualidad, la trayectoria tecnológica hegemónica en la agricultura ha implicado que los recursos genéticos se vuelvan un insumo estratégico y para las empresas la semilla es clave pues en ella concentran su tecnología. La consolidación de la trayectoria dominante requiere de legislación específica y ante esto, la *Ley de Producción, Certificación y Comercio de Semillas* promovida por el SNICS que entró en vigor en 2007 es un elemento importantísimo en la reproducción del sistema de control agroalimentario. Esta nueva Ley es el complemento de la *Ley de Bioseguridad de Organismos Genéticamente Modificados* ya que estas dos legislaciones están ajustadas para proteger los intereses de compañías transnacionales que tienen el control monopólico global de las semillas y, en particular, de las transgénicas con casi el 90%, así como el mercado global de otras semillas.

Las semillas de maíz se han manejado como un bien común por los campesinos durante miles de años. En la actualidad, las compañías semilleras a través de proyectos como el "Proyecto Maestro de Maíces Mexicanos" se involucran en el manejo del patrimonio genético de México. Esto representa un riesgo porque los bienes comunes deberían ser de manejo libre y a través de convenios privados o la introducción de

secuencias genéticas patentadas por las empresas biotecnológicas se podría restringir el uso del maíz nativo en México. Secuestrar la diversidad del maíz nativo de las manos campesinas, para manejarlo en bancos *ex situ*, y continuar su expulsión de sus territorios por medio de genocidio económico, confirmaría la tendencia que se siguió en los Estados Unidos, a principios del siglo xx, con la implementación de la trayectoria tecnológica del maíz híbrido (Serratos, 2009a) y la privatización de la semilla en unas cuantas compañías monopolizadoras. El control tecnológico y jurídico sobre la semilla de maíz permite anticipar que la introducción y expansión de semillas híbridas en combinación con los transgenes de estas empresas ineludiblemente terminarían en los bancos de germoplasma, provocando problemas legales de consecuencias negativas para el patrimonio genético del país y los campesinos que lo trabajan.

Al respecto, los casos de contaminación transgénica ya conocida en variedades nativas mexicanas de maíz son ilustrativos en cuanto a la dificultad de impedir y regular la siembra de transgénicos. Los vaivenes en las políticas de bioseguridad en México han permitido que el gobierno expida permisos de siembra a nivel experimental y piloto por lo que podemos estimar que la desregulación del maíz transgénico en México es inminente. Para 2009, se otorgaron permisos experimentales a varios consorcios multinacionales con el objeto de conducir 24 experimentos con maíz transgénico en campo en los estados de Sonora, Sinaloa, Chihuahua y Tamaulipas a pesar de que, según la base de datos de CONABIO (2011), estos estados cuentan con 24 razas primarias catalogadas con 1,084 accesiones para Chihuahua; 16 razas primarias catalogadas con 366 accesiones para Sinaloa; 12 razas primarias catalogadas con 273 accesiones para Sonora; y, 8 razas catalogadas con 515 accesiones para Tamaulipas (*ver* Cuadro 1). De acuerdo con Boege (2009) hay más de cinco grupos étnicos residentes en esos cuatro estados.

En 2011, la SAGARPA aprobó ensayos de campo con maíz transgénico en 63.5 hectáreas en "fase piloto" (etapa previa a la fase comercial) en Sinaloa. Con esta autorización se pavimenta el camino para posteriores autorizaciones de "ensayos piloto" en la región norte del país. Las autorizaciones para las siembras piloto representan la antesala de la desregulación comercial con lo cual será imposible adoptar medidas de bioseguridad para todas las regiones de cultivo de maíz. De esa forma, se incrementa la probabilidad de que ocurra lo que sucedió con el algodón transgénico en nuestro país, en donde se sembraron hasta 110,000 hectáreas en un año, bajo modalidad piloto, y a pocos años se documentó

Cuadro 1. Razas primarias catalogadas para Sonora, Sinaloa, Chihuahua y Tamaulipas, estados en donde se otorgaron permisos de siembras experimentales con maíz transgénicos en 2009.

Estado	Raza primaria (accesiones)
Chihuahua	Apachito(64); Azul(96); Blando(2); Bofo(1); Bolita (4); Cacahuacintle(1); Celaya(50); Chalqueño(1); Cónico(2); Cónico norteño(213); Cristalino de Chihuahua(304); Dulce(2); Dulcillo del Noroeste(6); Gordo(58); Nal-tel(1); Palomero de Chihuahua(6); Palomero toluqueño(1); Pepitilla(5); Ratón(64); Tablilla de ocho(12); Tabloncillo(27); Tabloncillo perla(2); Tuxpeño(3); Tuxpeño norteño(98). NO DETERMINADAS (61)
Sinaloa	Blando(15); Bofo(1); Celaya(1); Chapalote(15); Conejo(3); Cubano amarillo(1); Dulce(1); Dulcillo del noroeste(13); Elotero de Sinaloa(14); Jala(1); Onaveño(10); Reventador(14); Tabloncillo(98); Tabloncillo perla(40); Tuxpeño(78); Vandeño(5). NO DETERMINADAS (53)
Sonora	Blando(21); Celaya(1); Chapalote(13); Dulcillo del Noroeste(13); Gordo(7); Onaveño(51); Reventador(23); Tabloncillo(30); Tabloncillo perla(27); Tuxpeño(4); Vandeño(14); Tuxpeño norteño(1). NO DETERMINADAS (68)
Tamaulipas	Conejo(1); Cónico(4); Cónico norteño(1); Dzit- Bacal(4); Olotillo(2); Ratón(98); Tuxpeño(230); Tuxpeño norteño(95). NO DETERMINADAS (80)

Fuente: CONABIO, 2010.

la contaminación de algodón silvestre creciendo a miles de kilómetros de las siembras originales, (Wegier A., et al, 2011). Si consideramos que el maíz es de polinización abierta y de fácil comercialización e intercambio en todo México, entonces podemos anticipar que su dispersión será mucho mayor que la observada para el algodón. Por otra parte, observamos que incluso en países como Estados Unidos, en donde las compañías controlan el abasto y distribución de semillas y éstas no se reciclan de un ciclo agrícola a otro, más del 70% de los acervos de este grano que no debían tener transgenes están contaminados por estos en una proporción mayor a la aceptable, (Mellon y Rissler, 2004).

Como se muestra en la Figura 1, a la fecha tenemos noticias de la presencia de maíz transgénico en 13 estados de la república (Quist

y Chapela, 2001; Ezcurra *et al.*, 2002; Serratos *et al.*, 2007; Mercer y Weinberger, 2008; Dyer *et al.*, 2009; Piñeyro *et al.*, 2009) y aunque es difícil explicar con exactitud cómo se introdujo el maíz transgénico se han adelantado varias hipótesis: 1) la siembra de grano transgénico proveniente de las importaciones; 2) el contrabando o la introducción ilegal de semilla; 3) programas oficiales de semilla sin supervisión (p. ej. Kilo por Kilo); 4) redes comerciales de semilla en pequeña escala; 5) mala supervisión de las pruebas de campo realizadas en el país. Investigaciones recientes (Piñeyro *et al.*, 2009; Dyer *et al.*, 2009) apuntan a una combinación de las cuatro primeras hipótesis lo que favoreció la entrada de maíz transgénico en México.

Independientemente de las hipótesis, el hecho es que el maíz transgénico se ha introducido en su centro de origen y desde entonces continúa su dispersión en diferentes estados del país (Serratos, 2009b). La responsabilidad recae en las dependencias gubernamentales que no consolidaron una política de estado en bioseguridad y en las más recientes administraciones que han claudicado en la defensa de los intereses del país por los intereses de las corporaciones a las que han solapado a través de omisiones en la actuación y, en algunos momentos, franca complicidad de los sectores gubernamentales involucrados en la protección del patrimonio genético del país.

La dispersión de maíz transgénico en México es una amenaza para la conservación *ex situ* e *in situ* del maíz nativo. El peligro inmediato es para el campesino y se presenta en la esfera jurídica ya que los productores que, sin saberlo, hayan adquirido semilla transgénica por cualquier medio (oficial, comercial o ilegal) generarán incubadoras de semilla nativa transgénica, que no podrá ser intercambiada, vendida o comercializada sin caer en la infracción del uso indebido de la patente contenida en la secuencia transgénica transferida, a través de flujo genético, por el maíz transgénico. El primer paso para la transmisión de transgenes es la siembra de semilla transgénica que al madurar producirá gametos masculinos que fertilizarán al maíz no transgénico. Además, la planta transgénica producirá semilla hemicigótica y homocigota dependiendo del tipo de polen que fertilice sus gametos femeninos (contenidos en la inflorescencia femenina o jilote). Así, la probabilidad de incorporación de transgenes al germoplasma del maíz nativo va en aumento en función tanto por la evidente desregulación de esta actividad (siembras piloto y comerciales), como por el aumento del área de siembras a campo abierto sin una capacidad estricta de biomonitorio por parte de las autoridades.

Un rubro de suma importancia es determinar si los bancos de germoplasma actuales están libres de transgenes, así como evaluar la dinámica espacio-temporal de la presencia de transgenes, sus contextos genómicos y las razas criollas afectadas (Serratos *et al.*, 2004). Esta información es fundamental para programas futuros de reintroducción de semilla libre de transgénicos en sitios en donde haya flujo por hibridación o introgresión. En este sentido es prioritario revisar y adaptar a las circunstancias actuales, la metodología que siguen los bancos de germoplasma para asegurar que sus acervos no incorporen transgenes.

Por otra parte, la diversificación y gran adaptación que ha tenido el maíz en México hace que las poblaciones nativas de maíz se conviertan en un "banco de germoplasma" vivo y que evoluciona constantemente. En ese sentido, la conservación de maíz *in situ* es fundamental en México y no debe ser sustituida por la conservación *ex situ*, sino que ambas deben ser consideradas complementarias (Bellon *et al.*, 1997). Sin duda, existe en la actualidad una mayor apreciación de la necesidad de la conservación tanto *ex situ* como *in situ* (Global Biodiversity Outlook, 2001) y es necesario reconocer los esfuerzos recientes que se han llevado a cabo por parte de instituciones para conservar ese patrimonio. Sin embargo, esas acciones parecen insuficientes frente a la desregulación del maíz transgénico en México ya que se está introduciendo un riesgo más a la conservación de maíz nativo. No nos referimos a los potenciales riesgos biológicos o ambientales generados por la interacción del maíz transgénico y el maíz nativo, en este trabajo llamamos la atención y el enfoque a ese problema particular que se está generando inmediatamente en las parcelas de los campesinos y productores de maíz en las que se podría estar incubando maíz nativo transgénico, el cual potencialmente podría llegar a cualquier programa de conservación *in situ* y *ex situ*, con las posibles consecuencias legales que esto podría acarrear. Pensamos que es una situación delicada para la conservación del maíz nativo y en ese escenario nuestra única recomendación es retomar las recomendaciones que se han avanzado desde instituciones académicas, gubernamentales, organizaciones de la sociedad civil, en las que se enfatiza la participación de las comunidades campesinas y rurales que han cultivado y siguen cultivando el maíz nativo de México (Kato *et al.*, 2009).

Referencias

- Aguirre Moreno V., Sánchez Rincón F., Ramírez Segoviano R., Colón Alvarado O. y G. Razo Marín M (coords.). (2010). *Modelo para la conservación de maíces criollos en el Sureste de Coahuila*. UAAAN-COL-POS-SINAREFI.
- Álvarez Morales A. (2002). Transgenes in maize landraces in Oaxaca: Official report on the extent and implications. In *The 7th International Symposium on the Biosafety of Genetically Modified Organisms (ISBGM)*. Beijing, China, 10-16.
- Álvarez Morales A. (2003). Session on: Possible implication of the release of transgenic crops in centers of origin or diversity. *Environ. Biosafety Res.* 2, 47-50.
- Bellon, MR, Pham J-L, Jackson MT. (1997). Genetic conservation: a role for rice farmers. En: *Plant Genetic Conservation*, Maxted N. et al. (eds.). London, UK: Chapman & Hall, 263-289.
- Bellon, M.R., et al. (2009) Diversidad y conservación de recursos genéticos en plantas cultivadas. En *Capital natural de México, vol. II: Estado de conservación y tendencias de cambio*. México: Conabio, 355-382.
- Boege, E. (2009). *El patrimonio biocultural de los pueblos indígenas de México: hacia la conservación in situ de la biodiversidad y agrodiversidad en los territorios indígenas*. México, D.F.: Instituto Nacional de Antropología e Historia, 342.
- Carreón-Zuñiga. (1994). Field Trials with Transgenic Plants: The Regulatory History and Current Situation in Mexico. In *Biosafety for Sustainable Agriculture: Sharing Biotechnology Regulatory Experiences of Western Hemisphere*. Krattiger A.F y Rosemarin A. (eds.). Estocolmo, Suecia: ISAAA-SEI, 218-224.
- CCA. (2004). *Maíz y Biodiversidad. Efectos del maíz transgénico en México. Conclusiones y Recomendaciones. Informe del Secretariado de la Comisión para la Cooperación Ambiental*. Montreal, Canadá. Acceso 8 de mayo, 2012. http://www.cec.org/Storage/56/4839_Maize-and-Biodiversity_es.pdf
- CIMMYT. (1988). *From Agronomic Data to Farmer Recommendations: An Economics Training Manual*. Edición revisada. Mexico, D.F. cimmyt, 2012. México y el CIMMYT. Acceso Abril, 2012: <http://apps.cimmyt.org/spanish/wps/mexico/introduccion.htm>
- Claridades Agropecuarias (2010). *México construye el centro Nacional de Recursos Genéticos. Avances a grandes pasos en la conservación de la Biodiversidad en Claridades Agropecuarias*, 205: 26-31.
- CONABIO (Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad). (2011). *Proyecto Global de Maíces Nativos*. Acceso 8 de mayo, 2012: <http://www.biodiversidad.gob.mx/genes/proyectoMaices.html>; http://www.biodiversidad.gob.mx/genes/pdf/proyecto/InformeGestion_VI.pdf
- Dyer George A., Serratos-Hernández J., Perales H., Gepts P., Piñeyro-Nelson A., Chávez A., Salinas-Arreortua, Yúnez-Naude A., Taylor E., Alvarez-Buylla E. (2009). Dispersal of Transgenes through Maize Seed Systems in Mexico. *PLoS ONE*. 4(5), e5734.
- Ezcurra, E., Ortiz, S., Soberon, J. (2002). Evidence of Gene Flow from Transgenic Maize to Local Varieties in Mexico. En *LMOs and the Environment: Proceedings of an International Conference*. OECD, USDA. Raleigh, NC., 289 – 295. Acceso 8 de mayo, 2012: <http://www.oecd.org/dataoecd/40/56/31526579.pdf>; <http://www.oecd.org/dataoecd/9/37/31778752.pdf>
- Gaona Robles A. y Barahona Echeverría A. (2001). *La introducción de la genética en México: la genética aplicada al mejoramiento vegetal, Asclepio LIII-2*.
- Global Biodiversity Outlook. (2001). *Secretariat of the Convention on Biological Diversity*. Montreal: Canadá, 158-159.
- Guillén Romo A., (2012). México: Alternancia política, estancamiento económico y proyecto nacional de desarrollo. En *Análisis estratégico para el desarrollo, Vol. 4: Políticas macroeconómicas para el desarrollo sostenido*. Calva J.L. (Coordinador). Juan Pablos, Editor, Consejo Nacional de Universitarios, 273-297.
- Kato TA, Mapes C, Mera LM, Serratos JA, Bye RA. (2009). *Origen y diversificación del maíz: una revisión analítica*. México, D.F.: UNAM, CONABIO, 116.
- LBOGM (Ley de Bioseguridad y Organismos Genéticamente Modificados). (2005). *Diario Oficial*. Viernes 18 de marzo de 2005, Congreso de los Estados Unidos Mexicanos, México D.F. DOF 18-03-2005. Acceso 8 de mayo, 2012. http://www.profepa.gob.mx/innovaportal/file/1125/1/ley_de_bioseguridad_de_organismos_geneticamente_modificados_18-03-2005.pdf
- Mercer, K. L., and J. D. Wainright. (2008). Gene flow from transgenic maize to landraces in Mexico: An analysis in Agric. *Ecosyst. Environ.* 123, 09-115.
- Mellon, M., & Rissler, J. (2004). *Gone to seed: Transgenic contaminants in the traditional seed supply*. Washington, DC: Union of Concerned

- Scientists. [Disponible en: <http://www.ucsusa.org/publications/report.cfm?publicationID=783>].
- Morris, M.L. y M.A. López Pereira. (2000). *Impactos del mejoramiento de maíz en América Latina, 1966-1997*. México, D.F. CIMMYT. Acceso 8 de mayo, 2012: <http://repository.cimmyt.org/xmlui/handle/10883/1007>
- OECD. (2002). *LMOs and the Environment Proceedings of an International Conference. 27-30 November 2001*, OCDE, USDA, EPA, Roseland CR (ed). Paris, France.
- Ortiz-García, E. Ezcurra, B. Schoel, F. Acevedo, J. Soberón y A. A. Snow, (2005). *Absence of detectable transgenes in local landraces of maize in Oaxaca, Mexico (2003-2004)*. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America. 102(35): 12338-12343. Disponible en: [www.pnas.org/cgi/doi/10.1073_pnas.0503356102](http://www.pnas.org/cgi/doi/10.1073/pnas.0503356102)
- Piñeyro-Nelson A, Van Heerwaarden J, Perales HR, Serratos JA, Rangel A., Hufford MB, Gepts P, Garay A, Rivera R, Alvarez-Buylla ER. (2009) Transgenes in Mexican maize: molecular evidence and methodological considerations for GMO detection in landrace populations. *Molecular Ecology*, 18, 750-761.
- Quist D. and Chapela I., (2001). Transgenic DNA Introgressed into Traditional Maize Landraces in Oaxaca, México. *Nature* 414, 541-543.
- SAGARPA, (2010). Comunicado de Prensa NUM.345/10. *En marcha primera etapa de Banco de Germoplasma de los productores de maíz de México*. Saltillo, Coah., 11 de agosto de 2010. Acceso 8 de mayo, 2012: <http://www.sagarpa.gob.mx/saladeprensa/boletines2/2010/agosto/Documents/2010-B345.pdf>
- Serratos Hernández J. A, Willcox M, Castillo F. (1996). Flujo genético entre maíz criollo, maíz mejorado y teocintle: implicaciones para el maíz transgénico. México, DF. CIMMYT (Centro Internacional de Maíz y Trigo). Acceso 8 de mayo, 2012. http://apps.cimmyt.org/spanish/docs/proceedings/geneflow/contents_spa.htm<http://apps.cimmyt.org/english/docs/proceedings/geneflow/contents.htm>
- Serratos-Hernandez JA, Islas-Gutiérrez F, Buendía-Rodríguez E, Berthaud J. (2004). Gene flow scenarios with transgenic maize in Mexico. *Environ. Biosafety Res.* 3, 149-157.
- Serratos-Hernández J. A., J. L. Gómez-Olivares, N. Salinas-Arreortua, E. Buendía-Rodríguez, F. Islas Gutiérrez, and A. de Ita. (2007).

- Transgenic proteins in maize in the soil conservation area of Federal District, México: *Front Ecol. Environ.* 5(5):247-252.
- Serratos Hernández J.A., (2009^a). *The origin and diversity of maize in the American continent*. Greenpeace. Acceso 8 de mayo 2012 en, UNEP (United Nations Environmental Program), Bioversity International y GEF (Global Environmental Facility). <http://www.crowwildrelatives.org/resources/publications/books.html#http://www.greenpeace.org/mexico/es/Footer/Descargas/reports/Agricultura-sustentable-y-transgenicos/el-origen-y-la-diversidad-del/>
- Serratos Hernández J.A. (2009b). Bioseguridad y dispersión de maíz transgénico en México. *Ciencias* 92 - 93: 130-141. Universidad Nacional Autónoma de México. Acceso 8 de mayo, 2012. http://revistaciencias.unam.mx/index.php?option=com_content&view=article&id=210%3Abioseguridad-y-dispersion-de-maiz-transgenico-en-mexico&catid=41&Itemid=48
- SINAREFI. (2009-2010). *Políticas Públicas de Maíz criollo*. Acceso 8 de mayo, 2012: <http://www.sinarefi.org.mx/proyectos%2020009.pdf>
- Taba, S. (2008). *Monitoreo y recolección de la diversidad de razas de maíz criollo en la región de la Huasteca en México para complementar las colecciones de los Bancos de Germoplasma de maíz de INIFAP y CIMMYT en Informe final de actividades preparado para la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad*. Convenio Núm. FB0000/FZ007/07
- Turrent A., Serratos J.A. (2004). *Chapter 1: Context and Background on Maize and its Wild Relatives in Mexico*. Secretariat CEC, Montreal, Canada. Acceso 8 de mayo, 2012. http://www.cec.org/Storage/52/8597_Maize-Biodiversity-Chapter1_en.pdf
- Wegier, A., A. Piñeyro-Nelson, J. Alarcón, A. Gálvez-Mariscal, E. R. Álvarez-Buylla & D. Piñero. (2011). Recent long-distance transgene flow into wilds populations conforms to historical patterns of gene flow in cotton (*Gossypium hirsutum*) at its centre of origin in *Molecular Ecology*. 20(19), 4182-4194.
- Wellhausen, E., Roberts, J., Roberts, L.M., Hernández, E., (1952). *Races of Maize in Mexico: Their Origin, Characteristics, and Distribution*. Harvard University Press, Cambridge, MA.