

TERCERA SECCIÓN

POLÍTICAS DE INVESTIGACIÓN Y TRANSFERENCIA
DE TECNOLOGÍA PARA EL CAMPO

RECURSOS FITOGENÉTICOS, PATRIMONIO BIOCULTURAL, SEMILLAS Y SEGURIDAD ALIMENTARIA

ALEJANDRO ESPINOSA CALDERÓN*
ANTONIO TURRENT FERNÁNDEZ*
BENJAMÍN ZAMUDIO GONZÁLEZ*
MARGARITA TADEO ROBLEDO**

INTRODUCCIÓN

México es uno de los 12 países megadiversos del mundo, que albergan entre 60% y 70% de la biodiversidad total del planeta; por ello tiene una importancia especial en la conservación de las especies, así como de los ecosistemas. A nivel mundial el país se ubica dentro de las áreas críticas amenazadas. Oaxaca, Chiapas, Veracruz, Guerrero y Michoacán concentran la mayor diversidad a nivel nacional y también tienen la mayor presencia de pueblos indígenas (Mittermeier y Goettsch, 1992, citados por Boege *et al.*, 2008).

Los recursos fitogenéticos, así como la estrecha relación de la biodiversidad con los pueblos indígenas, son indisolubles con el manejo sustentable de los recursos naturales, suelos, recursos hídricos, servicios ambientales, con la activa participación de los propios indígenas como sujetos sociales centrales para la conservación y el desarrollo dinámico a nivel nacional de esa biodiversidad. Los territorios indígenas son verdaderos laboratorios bioculturales donde, con un peso histórico-cultural importante, se practica el intercambio entre plantas silvestres, arvenses o ruderales y plantas netamente domesticadas. Lo anterior es claramente manejado por Boege *et al.* (2008), quienes señalan que es fundamental que se mantenga esta riqueza, el intercambio de semillas es una práctica autóctona y milenaria que permite incluso aumentar la diversidad genética, con base en el interés antropocéntrico, con respeto al ambiente. En maíz, a nivel nacional, cada año principalmente en el

* Investigador titular C, Programa de Maíz, Campo Experimental Valle de México, CIRCE, INIFAP

** Profesora de carrera titular C, tiempo completo, Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán, FESC-UNAM.

ciclo primavera verano en forma dinámica en más de 2.3 millones de unidades de producción, es decir, mismo número de agricultores, quienes tienen entre una y tres diferentes variedades con diferencia en color de grano blanco, amarillo, azul, en los cuales se aplica selección autóctona por parte de los productores, en estos maíces nativos, de manera dinámica se avanza en sus características, con énfasis en el destino y usos de cada tipo de maíz, la manera como se consume, los platillos que se preparan: los tamales, tortillas, tlayudas, totopos, pinole, elotes, pozole, etc. En estas unidades de producción ocurre recombinación de los genes de maíz, en una cantidad de combinaciones incuantificable, ya que el maíz posee 50 mil genes, dando sustento a la diversidad genética y fortaleciendo el patrimonio biocultural. El invento del maíz por los indígenas mesoamericanos es una proeza y muestra de creatividad que no tiene comparación en las culturas que habitaron la tierra, ya que el salto cualitativo de teocintle a maíz, hasta el maíz moderno, no existe en ningún otro cultivo algo semejante, las formas silvestres o poco domesticadas de trigo, arroz, papa, cebada, y otros son muy similares, pero de tamaño pequeño respecto a las formas modernas. El número de 62 grupo étnicos en México es muy similar al número de razas mexicanas de maíz, lo que pudiese indicar cierto paralelismo en su dinámica y selección autóctona.

La biodiversidad en la cultura mesoamericana, en particular en maíz, fue creada y es producto de un largo proceso de intercambio y de selección cultural sistemática de semilla, con base en usos, en necesidades, en condiciones del ambiente, en el uso en más de tres mil diferentes formas de aprovechar el grano, semilla y las diferentes estructuras de esta planta inventada por los indígenas mesoamericanos. Se agregan las plantas medicinales, que pueden pertenecer a la vegetación primaria, secundaria, de semicultivo y de cultivo. Esta extraordinaria riqueza no se encuentra en otros territorios indígenas del orbe (Boege *et al.*, 2008). Sin pueblos indígenas y campesinos esta experiencia civilizadora se perdería para México y la humanidad, de esta dimensión es la relevancia de la relación inseparable de los grupos indígenas con los cultivos y las variedades desarrolladas a través de más de 330 generaciones (Boege *et al.*, 2008). El intercambio de semillas de productores cercanos o lejanos es uno de los ejes fundamentales que mantienen e incrementan la biodiversidad, por ello el patentamiento de genes y variedades e impedir el intercambio y derivación esencial por el Acta UPOV 91 (Unión Internacional para la Protección de Obtenciones Vegetales), es un atentado contra los usos y costumbres milenarios de intercambio de semillas (Espinosa-Calderón *et al.*, 2014).

Los pueblos indígenas utilizan de cinco mil a siete mil especies de plantas en diversas actividades culturales. El sistema alimentario de los pueblos

indígenas se basa en la extraordinaria cantidad de mil a 1 500 especies con sus variantes, mientras que el sistema alimentario mundial se centra en 15 especies. De las especies principales, 15.4% del sistema alimentario mundial provienen de las plantas domesticadas en Mesoamérica y cuyo germoplasma (original) se encuentra principalmente en los territorios de los pueblos indígenas (Caballero, 1985, citado por Boege *et al.*, 2008). Esta gama sobresaliente de la diversidad es el sustento de los diferentes destinos de los cultivos y sus productos, en particular todo ello es la base que otorga la riqueza en la cocina y sus variaciones, que permitieron que recientemente la comida a base de maíz fuese declarada patrimonio intangible de la humanidad por la UNESCO. Además, esta biodiversidad otorga resiliencia ante el cambio climático.

Con el desarrollo de la investigación agrícola en México, a partir de 1940, orientada en una elevada proporción hacia las áreas altamente productivas, en particular con el mejoramiento genético clásico para contar con variedades mejoradas, se acrecentó una deuda histórica, ya que se han dedicado escasos recursos a las áreas de menor potencial, comparativamente con las superficies de riego en agricultura empresarial, a las cuales se privilegia con los recursos económicos y apoyo para la investigación. Desde entonces la brecha se ha incrementado en las diferentes instituciones que formaron el Sistema de Investigación Pública, desde la Oficina de Estudios Especiales (OEE), el Instituto de Investigaciones Agrícolas (IIA), posteriormente el Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas (INIA) y finalmente en el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP).

La investigación en México fue orientada por un poco más de 50 años, en el periodo previo al INIA/INIFAP de 1940 a 1961 y de 1961 hasta 1996, en jerarquizar la problemática y prioridades del país, con base a marcos de referencia, en que atendían desde programas nacionales, los estudios que priorizaban la dirección de la investigación para atender la problemática relevante. Esta etapa para México fue muy exitosa, reconociéndose en el mundo como “el milagro agrícola mexicano”, ya que el crecimiento ocurría al doble de lo que crecía el país. A partir de 1997, que iniciaron las fundaciones estatales, con la buena intención de desarrollar la investigación, con apego a las necesidades de los productores, tratando de replicar la experiencia del Patronato de Sonora, los resultados no han favorecido el desarrollo de la investigación, provocando la mayor crisis de México al dejar de atender problemas que han llevado al país a dependencia grave en la producción de alimentos y crisis de la investigación pública.

Los recursos económicos para la investigación nacional, que antes se concentraban en el INIFAP, se pusieron a concurso. El origen de estos recursos provenía de la federación, de los gobiernos estatales y una fracción de

los productores, con algunas excepciones, se propició desorden en la correcta ubicación de la investigación, se agregó un costo financiero inexplicable y burocrático, se convirtió en muchos casos la investigación en rehén de los intereses de directivos y gerentes de las fundaciones, en un análisis serio del sesgo de la investigación, su atomización a nivel estatal, debería valorarse la conveniencia de que las fundaciones propiciaron un daño grave a México, por lo que deberían redimensionarse y ser sujetas de control por programas nacionales. En particular, el Foro Consultivo de Ciencia y Tecnología debería dar seguimiento a un estudio que llevó a cabo, previo a 2006, donde se detectaron vicios en las fundaciones, la COFUPRO y la urgencia por modificar este proceso. Con algunas honrosas excepciones, los proyectos que convocan las fundaciones tienen conflicto de interés con los miembros de las mismas. Es muy escaso el apoyo a la agricultura en pequeño, familiar a pequeños productores, orientándose frecuentemente a la producción empresarial, por lo que no se privilegia la preservación de la diversidad genética y riqueza biocultural.

En este capítulo se hace un análisis de algunas generalidades de la importancia de la diversidad genética, así como el patrimonio biocultural, la relevancia en este contexto de las semillas nativas y mejoradas, y la relación que guardan estos aspectos con la seguridad alimentaria. Todo lo anterior, en el marco de los apoyos a la investigación agrícola y las repercusiones que se aprecian en forma general, permitiría orientar políticas públicas que respalden la riqueza en diversidad genética, patrimonio biocultural, para asegurar de mejor manera el futuro de las generaciones siguientes de mexicanos.

LOS RECURSOS FITOGENÉTICOS Y LOS PUEBLOS INDÍGENAS

Los centros de diversificación biológica de las especies de interés, tienen en general coincidencia con las regiones donde se encuentran actualmente los pueblos indígenas. Fue muy claro que antes de los conceptos y la introducción de la llamada “Revolución Verde” y de la dependencia de los fitomejoradores “científicos” y de las compañías públicas y privadas de control de semillas, el sistema alimentario nacional se basaba en el germoplasma y en la experiencia campesina mesoamericana (Boege *et al.*, 2008).

Por otro lado, existen experiencias amargas que apuntalan la necesidad de conservar la mayor variedad de especies en sus centros de origen para enfrentar problemas de la erosión genética y la vulnerabilidad de los cultivos. Se insiste en proponer esquemas para elevar la producción con base en la utilización de pocas variedades, es decir, muy pocos cultivos y líneas

genéticas, como ocurre actualmente con las empresas transnacionales de semillas (Fowler y Mooney, 1990), lo anterior deja en indefensión a los productores cuando hay vulnerabilidad a incidencia de impredecibles. El riesgo de utilizar pocas líneas genéticas para producir el maíz híbrido tipo Texas, implicó que ahí se perdieran masivamente las cosechas por la infestación del *Helmithosporium maydis raza T* en los años setenta del siglo pasado, lo cual promovió que la Academia Nacional de Ciencias de Estados Unidos estableciera un comité de especialistas para estudiar la vulnerabilidad genética de los principales cultivos en Estados Unidos. El comité encontró que la diversidad genética de muchos de los cultivos importantes para ese país era peligrosamente estrecha. Por ejemplo, 96% de los frijoles sembrados en Estados Unidos procedían de sólo dos variedades y 95% de los cacahuates cultivados, de sólo nueve variedades. Lo anterior ocurre de forma similar con los maíces transgénicos, ya que una gran cantidad de la superficie que se siembra con ellos tiene en su estructura genética puntos de conexión con los eventos transgénicos, los cuales se han incorporado en los híbridos comerciales, como ocurrió con la androesterilidad texana.

El hecho de que México sea uno de los centros de origen y diversificación genética de la agricultura debe tener un tratamiento especial desde el punto de vista del desarrollo cultural, político, social, científico y agrícola. El Estado y la sociedad en México no han reconocido el papel activo que desempeña y pueden desempeñar los pueblos indígenas y comunidades campesinas conservando *in situ* y desarrollando recursos fitogenéticos como el germoplasma “cultivado” por ellos, en el sentido más amplio de la palabra. Se ha prestado poca atención a la conservación local de variedades de plantas y animales originales, y a los factores ambientales y bióticos que han permitido la domesticación de dichos recursos fitogenéticos. Esto es grave debido a que se tienen datos precisos del proceso de erosión genética del sistema alimentario mundial a través de los fenómenos de agricultura industrial, acaparamiento y otorgamiento de patentes a empresas transnacionales. La agricultura industrial ha provocado la erosión genética en la mayoría de los cultivos que sustentan el sistema alimentario mundial, además ha generado grandes problemas ambientales, como la pérdida de suelos, compactación, contaminación de cuerpos de agua y de contribuir al cambio climático global. Es en el siglo XX, con la agricultura industrial, que se generaliza la amenaza hacia los centros de origen y se pone en peligro uno de los tesoros más importantes que tienen México y Centroamérica: diversidad biológica y agrobiodiversidad.

La pérdida directa de la agrobiodiversidad indígena puede reducir dramáticamente la seguridad alimentaria nacional y mundial. En el caso de México se reconoce, como centro de origen, las especies siguientes: maíz,

frijol, chile, aguacate, calabaza, cacahuete, algodón, jícama, tienen repercusión significativa en la seguridad alimentaria y otros elementos. Si bien la FAO, desde 1981, ha tratado de regular el acceso a recursos fitogenéticos, se estableció un convenio internacional para la conservación de la biodiversidad agrícola, para lo cual se plantearon como fundamentos los elementos: “patrimonio común de la humanidad”, mantener el dominio público *versus* intención de privatizar. El patentamiento de los recursos fitogenéticos, bajo el auspicio de organismos internacionales, logró cada vez mayor aceptación, a diferencia de los conceptos: “patrimonio común”, “soberanía nacional”, “libre acceso para todos”; “la participación justa y equitativa de los beneficios”, Convenio sobre la Diversidad Biológica (CDB); así como el apego al esquema UPOV. El Plan de Acción Mundial estableció prioridades para conservación y utilización de recursos fitogenéticos agrícolas. En la Conferencia de Leipzig, en 1996, se acordó un plan de 20 puntos. Algunas propuestas interesantes para trabajar más por el manejo “en el terreno” de la biodiversidad, y medidas constructivas para ampliar la base genética de la agricultura. Lo anterior fue duramente criticado por las ONG por la tendencia hacia el “plan de banco de germoplasma”. En 1999, la comisión de la FAO para los Recursos Fitogenéticos logró avances importantes en los tres artículos centrales, incluido un artículo sobre Derechos de los Agricultores: lucha contra la privatización y los derechos de propiedad intelectual sobre la biodiversidad. Se ha defendido a los agricultores como fitomejoradores: quienes deben poseer los mismos derechos sobre sus materiales mejorados, durante el periodo de desarrollo, como a los mejoradores del sector formal.

EL CIERRE DE LA PRODUCTORA NACIONAL DE SEMILLAS (PRONASE)

El gobierno de México, por recomendación del Banco Mundial, inició la restructuración de la PRONASE y paulatinamente ejecutó su reducción, hasta lograr que, al iniciar el sexenio de Vicente Fox, su actividad se suspendió. El cierre de PRONASE representa un daño terrible a los productores, ya que no se ofrecen semillas de variedades de polinización libre de maíz, arroz, frijol, trigo, avena y otras de cultivos similares que atendía la productora con sentido social. En maíz se propició el domino casi completo de corporaciones ofreciendo híbridos para riego y buen temporal, ausencia y desinterés por zonas de agricultura tradicional. Debido a la forma desventajosa como se comercializa semilla de maíz en México es que es la semilla más cara del mundo. La crisis de importación de maíz de más de 12 millones de toneladas de grano de maíz amarillo, propicia que corporaciones como Monsanto

(Bayer), Dupont (Pioneer), Syngenta y otras transnacionales, solicitaran que se autoricen las siembras de maíz transgénico, ofreciendo promesas inalcanzables de elevar el rendimiento medio de maíz en México de 3.2 ton/ha actual a 6 ton/ha por usar comercialmente transgénicos, además se ofrece reducir el uso de fertilizantes, control de plagas y malezas y variedades tolerantes a sequía (nueva quimera). Sin posibilidad real de cumplir cada uno de los aspectos anteriores.

Las evidencias de que no incrementa el rendimiento, la tecnología transgénica de maíz, es un tema rebasado a nivel internacional, pero las repercusiones de uso de transgénicos en su centro de origen tiene implicaciones de erosión genética, pérdida de diversidad, dominio oligopólico en el mercado nacional de semilla de maíz y de obvia dependencia tecnológica de semillas y granos que no corresponden a los usos y formas de consumo de los diferentes tipos de maíz, en el país que inventó al maíz (Espinosa, 2008; Espinosa *et al.*, 2009a; Espinosa *et al.*, 2009b). Un aspecto grave en caso de autorizarse la siembra de maíces transgénicos en México, es la inescapable pérdida de diversidad de las razas nativas de maíz y de sus parientes silvestres, con una repercusión para la humanidad entera, por lo que representa la diversidad genética como sustento y fundamento del equilibrio de esta especie (Turrent *et al.*, 2009a; Turrent *et al.*, 2009b; UCCS, 2009).

Existen fracciones significativas de las organizaciones nacionales de productores y de la comunidad científica de México y de incontables países, que se oponen a la liberación de maíz transgénico en México por las implicaciones que tiene la penetración de transgénicos en el corazón de un centro de origen, considerarlo riesgoso para la ecología, para la riqueza genética única del maíz nativo y sus parientes silvestres, la salud del consumidor, la dependencia tecnológica. Se tiene la percepción clara que en caso de concretarse el uso de transgénicos en México, podría ser un proceso de contaminación sin retorno, que al acumularse en los maíces nativos, los eventos transgénicos liberados comercialmente podrían llevar al maíz a un umbral de intolerancia genética, con una catástrofe en el cultivo más importante para la humanidad (UCCS, 2009; Turrent *et al.*, 2009c; Turrent *et al.*, 2013), paralelamente se tienen evidencias de que el campo mexicano cuenta con los recursos para lograr y sostener la autosuficiencia en maíz con tecnología no transgénica (Turrent *et al.*, 1996; Turrent *et al.*, 2004a; Turrent *et al.*, 2004b; Turrent *et al.*, 2016; Espinosa *et al.*, 2008; Espinosa *et al.*, 2009a; Espinosa *et al.*, 2009b; Espinosa *et al.*, 2016). Aun cuando han conformado el andamiaje jurídico para un escenario favorable a sus intereses, como es la Ley de Semillas, promulgada en junio de 2007, con serias desventajas para los productores y aspectos favorables para las grandes corporaciones (Espinosa *et al.*, 2003; Espinosa *et al.*, 2007; Espinosa *et al.*, 2014).

La PRONASE, cuya actividad había iniciado con la primera Ley de Comercio y Certificación de Semillas de 1961, fue finalmente extinguida al promulgarse la nueva Ley de Semillas, el 15 de junio de 2007, en la cual se somete a los productores a una dinámica complicada, donde se obliga a registrar ante el Catalogo Nacional de Variedades Vegetales (CNVV) a toda aquella variedad de la cual se pretenda incrementar y comercializar semilla. En caso de no atender la Ley, se prevén sanciones económicas excesivas. Se considera que la Ley de Semillas favorece a las grandes empresas. Además no se consideran, como sería conveniente, penalizaciones por difundir enfermedades e inóculos como ocurre con el hongo *Sphaceloteca Reiliana*, carbón de la espiga en Valles Altos (Espinosa *et al.*, 2007).

Con el cierre de la Productora Nacional de Semillas (PRONASE) en México, se trastocó el sistema de abastecimiento de semillas, por lo que fue necesario encontrar otras opciones para que los híbridos y variedades disponibles generados por la investigación pública, fuesen incrementados y difundidos en forma extensiva, ya que el único usuario de estas variedades por más de 30 años, sólo había sido la PRONASE. Históricamente, las menores ventas de semilla registrada de materiales del INIFAP fueron de 2001 a 2016. Dado que se cuenta con más de 290 híbridos y variedades del instituto y otras universidades, han generado más de 145 híbridos y variedades (Espinosa *et al.*, 2014), se promovieron las empresas de semillas a baja escala, lográndose la participación de innumerables microempresas, varias de las cuales maduraron hasta formalizarse en empresas de mayor tamaño. Las microempresas constituyen una alternativa para complementar el surtimiento de semillas de híbridos y variedades (Espinosa *et al.*, 1993; Espinosa *et al.*, 2004; Espinosa *et al.*, 2016). El uso de semilla certificada de maíz en México es bajo (25%), concentrándose en provincias agronómicas de alta productividad (riego o buena precipitación pluvial). El abastecimiento de semillas en lugares no cubiertos por las empresas privadas es escaso, aun cuando existen híbridos y variedades de maíz desarrollados por el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), universidades y otros organismos nacionales, requiriéndose de esquemas alternativos para su difusión y uso extensivo, como son microempresas de semillas de agrónomos (Tadeo y Espinosa, 2003; Tadeo *et al.*, 2005; Espinosa *et al.*, 2016).

Desde 1982, en la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), se trabaja en el mejoramiento genético y producción y tecnología de semillas de maíz, se cuenta con financiamiento de varios proyectos apoyados desde la Dirección General de Apoyo Académico (DGAPA) de la UNAM, a través del Programa de Apoyo a la Investigación e Innovación Tecnológica (PAPIIT:IN205908; PAPIIT

IT201215), con el objetivo de desarrollar variedades mejoradas fortaleciendo el proceso enseñanza-aprendizaje. Producto de estos trabajos se liberaron nueve híbridos de maíz, el primero en 1995 (Tadeo *et al.*, 1997), los cuales poseen características agronómicas y rendimiento competitivo. Inicialmente fueron multiplicados y comercializados por la Productora Nacional de Semillas (PRONASE) en un intento por apoyar a esta empresa; sin embargo, esta entidad gubernamental fue cerrada operativamente en el año 2001, por lo que fue necesario encontrar otras opciones para que los híbridos y variedades generados y disponibles sean incrementados y difundidos en forma extensiva (Espinosa *et al.*, 2003; Espinosa *et al.*, 2003b; Espinosa *et al.*, 2009a; Tadeo *et al.*, 2016). Se han entregado semillas a empresas interesadas para participar en la multiplicación y comercio de semillas de los híbridos Pumas. Destaca el interés de egresados para desarrollar empresas de semillas, lo cual es una alternativa que se promueve a través de diversos medios de comunicación. Se cuenta con semilla de variedades de grano amarillo (Oro Ultra y Oro Plus), grano blanco Centli Puma, con precocidad para los Valles Altos, entregadas en diversos volúmenes a agricultores e interesados en la producción de su semilla en los estados de México, Tlaxcala y Michoacán, que cuentan con áreas ubicadas en Valles Altos. Producto de trabajos con androesterilidad iniciados en 1992, se desarrollaron fuentes de androesterilidad masculina tipo “C”, se cuenta con nuevos híbridos con androesterilidad (Tsiri Puma, Cuxi Puma, Ixim Puma), y capacidad restauradora de la fertilidad, Atziri Puma, Tlaoli Puma (Tadeo *et al.*, 1997; Tadeo *et al.*, 2016).

Esta estrategia se multiplica, por parte del INIFAP, en otras regiones de México, como es el trópico húmedo en los estados de Veracruz, Chiapas, Guerrero, ya que se cuenta con híbridos y variedades desarrollados por este instituto que requieren el concurso de empresas de semillas para lograr su transferencia y difusión, bajo el esquema de “Microempresas de semillas” como complemento de autoabastecimiento, que se basa en la tradición de los agricultores de usar semilla de su propia parcela o semilla de agricultores vecinos. Las microempresas aprovecharían los híbridos y variedades desarrolladas, se apoyarían en asesoría técnica y surtimiento de semilla registrada por parte de INIFAP y universidades, destacan las variedades de polinización libre para la Montaña de Guerrero V 236 P, primera variedad mejorada de la raza Pepitilla, o bien V 237 AN, primera variedad de maíz de la raza ancho para pozole (Sierra *et al.*, 2005; Gómez *et al.*, 2005; Gómez *et al.*, 2014a; Gómez *et al.*, 2014b).

Las microempresas se constituyen en un flujo continuo, que tiene su origen en la enseñanza-aprendizaje, en la docencia de las materias “Producción de granos y oleaginosas” y “Producción y tecnología de semillas”, en

donde se promovió la investigación en la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán, UNAM, como elementos de apoyo para fortalecer este proceso. En este esquema fueron importantes los apoyos y la colaboración de instituciones como el Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT), al tener acceso a su germoplasma, así como el respaldo de la Productora Nacional de Semillas (PRONASE) al apoyar la ejecución de trabajos de experimentación en su campo directo ubicado en El Llano, Hidalgo, el INIFAP, con la participación en algunos de los trabajos de investigadores de esa institución, pero fue fundamental la participación de estudiantes y profesores de Ingeniería Agrícola de la FESC-UNAM. Inicialmente se incorporaron a los trabajos de investigación a estudiantes que asistían a las prácticas de la materia, posteriormente algunos estudiantes interesados en los temas continuaron trabajando en el equipo en formación (Tadeo, 1993; Tadeo *et al.*, 2001; Tadeo y Espinosa, 2004; Tadeo *et al.*, 2014; Tadeo *et al.*, 2015).

Se logró incorporar la androesterilidad a líneas progenitoras de híbridos de maíz de Valles Altos (2200 a 2600 msnm) y Zona de Transición (1800 a 2200 msnm), para facilitar la producción de semilla, disminuir costos de producción y mantener la calidad genética (Solano *et al.*, 1997). Se cuenta con líneas androestériles, así como su versión isogénica, participan en diferentes híbridos de maíz liberados por la UNAM, así como otras instituciones, empresas semilleras e instituciones de investigación. Se han identificado algunos materiales restauradores de la fertilidad. Característica que ya se está incorporando a las líneas macho de los híbridos comerciales. La versión androestéril es una opción para facilitar la obtención de semilla de buena calidad genética, además de que disminuyen los costos de producción de híbridos trilineales y dobles.

LA CRÓNICA DE UN DESASTRE ANUNCIADO

Existen miles de formas de maíz, en equilibrio hasta ahora, pero en riesgo ante la autorización del gobierno mexicano en el año 2009, de la siembra de experimentos de maíz transgénico a campo abierto. La propuesta de Monsanto y otras corporaciones está basada en que los transgénicos permitirían incrementar el rendimiento y resolverán el problema de escasez de maíz, señalando que se reducirá el uso de fertilizantes, se controlarán plagas y malezas con el uso de glifosato, lo que fue apoyado desde posiciones claves en algunas dependencias mexicanas. Actualmente existe un manejo monopolizado del comercio de semillas, producto del cierre de la Productora Nacional de Semillas, lo que afecta a los productores de maíz, no se ofrece semilla de variedades polinización libre (Espinosa *et al.*, 2007), los precios de la se-

milla son excesivos, siendo más caros aún los transgénicos (Espinosa *et al.*, 2008; Espinosa *et al.*, 2009a; Espinosa *et al.*, 2009b;). Por otra parte, los transgénicos son específicos para áreas de buena productividad (riego y buen temporal), con la ausencia para la agricultura tradicional (Espinosa *et al.*, 2006). El transgén no tiene contraparte en cromosoma homólogo. Se podría replicar, por lo cual su valor de adaptación sería de 100%, presentándose en ambos cromosomas (homocigótica dominante). Todas las plantas que reciben polen transgénico podrían difundirlo. Lo anterior significa que se generalizará la presencia del transgén en regiones productoras de maíz, y en pocos ciclos todas las variedades nativas tendrán tantos eventos transgénicos que no podrían sobrevivir y sería una catástrofe genética, no sólo para México, el daño sería para la humanidad entera, se estará trastocando el reservorio genético de mayor variabilidad para el cultivo más importante para el mundo (Espinosa *et al.*, 2006; Espinosa, 2008; Espinosa *et al.*, 2009a). Se podría generalizar la presencia de un evento en la mayoría de criollos, lo que sería riesgo grave de una epifitía como la esterilidad texana.

Los transgénicos no han evolucionado con el ADN residente, los efectos de transgénicos pueden ser muy diferentes a lo que ha ocurrido con el flujo de genes de variedades mejoradas e híbridos, porque en ese caso se llega a equilibrio genético, en un solo ciclo de cruzamiento aleatorio, lo que no ocurriría con los transgénicos. La acumulación de transgénos en el genoma de maíces nativos puede llegar a un umbral de intolerancia que afecte el funcionamiento normal. Esto podría dilucidarse después de acumular en razas y maíces criollos un buen número de los eventos comerciales, esto se puede hacer con polinizaciones manuales y estableciendo experimentos en un lugar aislado como una isla o en convenio con otro país (Turrent *et al.*, 2009a; Turrent *et al.*, 2009b; Turrent *et al.*, 2009c). La autorización por parte del gobierno mexicano para sembrar maíz transgénico en este país, es un atentado contra la humanidad, que privilegia a las transnacionales y afecta la proeza tecnológica de diez mil años de mejoramiento autóctono, de trabajo colectivo de millones de campesinos e indígenas. El objetivo es lograr la siembra comercial para beneficio de los grandes consorcios transnacionales de semillas, bajo la quimera de que es posible la coexistencia de maíz transgénico y maíz no transgénico. La bioseguridad será prácticamente imposible, ocurriendo una contaminación masiva.

LOS RIESGOS INMINENTES Y EL DESASTRE CON LAS SIEMBRAS PILOTO

En el año 2009, el gobierno federal otorgó 24 permisos para la siembra experimental de maíz transgénico a varios consorcios multinacionales. Estos

experimentos se conducirían a campo abierto a partir del ciclo otoño-invierno 2009-2010 en los estados de Sinaloa, Sonora, Chihuahua y Tamaulipas, de acuerdo con el Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria (SENASICA). Los permisos fueron sometidos formalmente al protocolo previsto en la Ley de Bioseguridad de Organismos Genéticamente Modificados (LBOGM) y su Reglamento (Turrent *et al.*, 2009c).

Es obvio que el protocolo de bioseguridad seguido en la etapa experimental no será aplicable en las etapas piloto y comercial. No será factible cercar las siembras comerciales, vigilarlas contra la extracción fortuita de mazorcas, desfasarlas con respecto a las siembras de razas nativas de maíz, 29 razas nativas y cinco grupos étnicos ubicados por Boege (2009) y distanciarlas de éstas por lo menos 35 km, incinerar residuos, hacer inventarios de la producción o evitar derrame de grano en transporte. Los consorcios multinacionales apoyados por sus productores clientes, promoverán la sustitución del protocolo de bioseguridad de la etapa experimental por otro lado, que apoyado en investigaciones científicas conducidas en otros países, proteja exclusivamente contra el flujo génico vía polen. Se ha reportado que 200 m de separación es una distancia razonablemente segura para impedir la dispersión de maíz vía polen (Ma *et al.*, 2004; Astini *et al.*, 2009). Según este conocimiento, se podría alcanzar una mayor protección contra el flujo génico en México, siendo este un caso especial, si aquella regla fuera ajustada a mayores distancias. Sin embargo, aunque tal corrección fuera mayor a 200 m por factores de diez, de 100 o mil, seguiría siendo incapaz de controlar el flujo génico de contaminaciones al ignorar la vía semilla-polen (Serratos-Hernández *et al.*, 2005; Serratos-Hernández *et al.*, 2007).

Como lo señalan Hernández X. y otros investigadores, el germoplasma de maíz alopátrico ha sido recurso central milenario de los desarrolladores de las 59 RNM y su vasta variación intrarracial. Históricamente, los viajeros campesinos han colectado mazorcas de maíz, llevadas de regreso para ser mezcladas con semilla propia y sembradas para su cruzamiento y posterior selección. Tal es lo que harían, por ejemplo, los tarahumaras-viajeros ubicados en el Cañón de Cobre, con los maíces transgénicos que se cultivaran en Sinaloa (alopátricos) y sus razas nativas de maíz. Estos tarahumaras actualmente comercian artesanías en el Divisadero, Municipio de Meoqui, Chihuahua, que es estación del ferrocarril Chihuahua-Los Mochis, y distante unos 600 km de Los Mochis, Sinaloa (Turrent *et al.*, 2009c).

Una eventual liberación comercial de maíz transgénico en México, centro de origen del maíz, interaccionará con cuatro factores por lo menos, para causar una acumulación irreversible de transgenes en las razas nativas de maíz (Turrent *et al.*, 2009a y b): 1) las limitaciones de la tecnología del maíz transgénico en su etapa actual, 2) las prácticas de campo del Mejoramiento

Genético Autóctono, 3) la biología reproductiva del maíz, y 4) una nueva oleada de maíz transgénico adaptada a parte del agroecosistema mexicano de maíz. Concluyen que la siembra a escala comercial de maíz transgénico en México conducirá inescapablemente a la acumulación progresiva de transgenes en las razas nativas de maíz, con efectos hasta ahora desconocidos y que invocan la aplicación del principio precautorio.

Turrent *et al.* (2009a) y Turrent *et al.* (2009b), recomiendan posponer la liberación comercial de maíz transgénico en México, hasta conducir la investigación que específicamente esclarezca el efecto de esa acumulación de transgenes sobre las razas nativas de maíz, suman su advertencia a la de Kato (2006) sobre un umbral deletéreo de acumulación de transgenes en las RNM, más allá del cual las plantas perderían viabilidad y adaptación al agroecosistema.

En la eventualidad de la autorización de siembras piloto, promovida por los consorcios multinacionales, la única coexistencia posible entre el maíz transgénico y las razas nativas de maíz es aquella en la que éstas transitan un camino de progresiva e irreversible contaminación con transgenes (Turrent *et al.*, 2009a y b).

UN CAMINO SIN RETORNO

Recientemente el gobierno mexicano, en 2010, aceptó tres solicitudes de la trasnacional Monsanto para siembras de maíz transgénico en Sinaloa, en lo que llama fase “piloto”. Lo que es grave, porque pone de manifiesto que lo que el gobierno llama etapa “experimental” es nada más una fachada para abrir la siembra comercial de maíz transgénico a gran escala, con la inevitable contaminación transgénica de los demás maíces en el país (Ribeiro, 2010).

Los transgénicos tienen problemas desde todos los ángulos que se les mire: pese a las mentiras que difunden las trasnacionales (las únicas que ganan), las estadísticas muestran que tomados en varios años, grandes volúmenes y superficies, en promedio rinden menos y usan mucho más agro-tóxicos. Existen compilaciones importantes de asociaciones médicas y otros científicos que muestran que los transgénicos tienen impactos en la salud humana y animal (incluyendo alergias, infertilidad, desregulación inmune, afectación de hígado, bazo y páncreas, entre otras) y en la biodiversidad. Recientemente, un estudio de la Universidad de Arkansas mostró que los transgénicos, además de la contaminación omnipresente en zonas cultivadas, se reprodujeron en la naturaleza y están invadiendo áreas naturales con impactos sobre insectos y plantas. Otro estudio de la organización Test-

biotech de Alemania, muestra que la leche, órganos y carne de cabras, peces y cerdos que comen maíz transgénico contienen trazas de ADN transgénico (Ribeiro, 2010).

Lo mencionado es apenas una pequeña parte de los graves problemas que tienen los cultivos transgénicos en general. En México los riesgos se multiplican exponencialmente al ser el centro de origen del maíz, por lo que desde muchas ópticas científicas y sociales hay una amplísima convergencia en que no se debería ni siquiera experimentar con maíz transgénico. A contrapelo de todo esto, entre 2009 y 2010, el gobierno mexicano aceptó más de 70 solicitudes de siembra de maíz transgénico a favor de las trasnacionales Monsanto, Dow, DuPont (a través de su subsidiaria Pioneer HiBred, PHI México) y Syngenta.

Casi 90% de los eventos (tipos de maíz transgénico) solicitados son controlados por Monsanto, ya que incluso las solicitudes de Syngenta, DuPont y Dow, incluyen genes patentados por Monsanto, solos o en combinación con otros. El más solicitado es el evento Mon603 (equivalente a NK603), resistente al herbicida glifosato (que tiene nombres comerciales como Fae-na, Rival, Roundup). Entre las solicitudes se incluye también el evento Mon810.

Justamente, un estudio científico publicado por el Ministerio de Salud de Austria en el 2008, analizó los efectos de un maíz transgénico con ambos caracteres (NK603xMon810) y llegó a la conclusión que el consumo de ese maíz redujo la fertilidad en ratas de laboratorio alimentadas con éste, además de otros efectos. Este y otros estudios, entre ellos sobre los impactos ambientales de maíz insecticida, motivaron que varios países europeos, entre ellos Austria, Alemania, Francia y Grecia, prohibieran el cultivo de maíz transgénico en sus países (Ribeiro, 2010).

Pero en el propio centro de origen del maíz, el gobierno apoya a las trasnacionales en la siembra “experimental” de varios maíces transgénicos insecticidas y de resistencia a agrotóxicos. Incluso, una de las solicitudes de siembra “piloto” contiene el gen 603. Las supuestas medidas de bioseguridad planteadas por las empresas y el gobierno mexicano son totalmente insuficientes para los riesgos que significa el maíz transgénico en México. Fueron analizadas y criticadas con detalle en la “consulta pública” que el gobierno colocó en internet sobre algunas de las solicitudes. Desde muchas disciplinas científicas y organizaciones civiles, se plantearon multiplicidad de observaciones críticas de gran solidez, que el gobierno desechó sin explicaciones (Ribeiro, 2010).

Su argumento es que las medidas eran suficientes para “experimentar”. Aun si esas medidas fueran suficientes para impedir el escape transgénico en campos experimentales, en siembra comercial los agricultores no las

cumplirán: les aumentaría los costos, son engorrosas y además no hay fiscalización (Ribeiro, 2010). Pero es claro que al gobierno nunca le interesó la bioseguridad, solamente era una fachada requerida por convenios internacionales que tuvo que hacer ley, un requisito formal para pasar luego a la llamada “fase piloto” y a la liberación comercial (Ribeiro, 2010).

A pesar de que los resultados de los experimentos presentados por los consorcios transnacionales de semillas son cuestionables por el conflicto de intereses, se aceptaron nuevas solicitudes, además, nuevamente está violando la ley, ya que la ley de bioseguridad requiere que antes de siembras piloto, se deben tener los resultados de la fase experimental, *evaluados por las propias empresas interesadas* (por algo se la conoce como Ley Monsanto), pero reportados con características de una norma oficial mexicana, que no existe. Usan la ilegalidad, la farsa, la imposición. Razones no espurias, no tienen ninguna (Ribeiro, 2010).

¿REALMENTE HABRÁ MAYOR PRODUCCIÓN DE MAÍZ Y TRIGO CON MASAGRO?

México es el tercer importador mundial de maíz, después de Japón y China. México importa uno de cada tres kg que consume, dentro de una tendencia desafortunada que lo llevaría a importar uno de cada dos kg hacia el año 2025. Hasta fechas recientes, Estados Unidos ha sido el principal abastecedor internacional de maíz barato (por ser ampliamente subsidiado). Sin embargo, la época del maíz internacional barato ya tocó su fin. Viene la época del maíz internacional caro.

El Estado mexicano ha apoyado en los últimos 15 años de manera preferente al productor de maíz de corte empresarial, quien ya cultiva los tres millones de hectáreas de tierras de mayor calidad de las nueve millones de hectáreas sembradas con maíz cada año. Las seis millones de hectáreas restantes son cultivadas por el sector campesino, que aprovecha las tierras de menor calidad agrícola, en las que maneja la más rica diversidad genética de maíz del mundo. Ellos domesticaron al maíz a partir del Teocintle durante las últimas 300 generaciones de habitantes de Mesoamérica. También inventaron el “Mejoramiento Genético Autóctono”, mediante el cual han diferenciado 59 razas nativas de maíz y lo siguen mejorando. Los rendimientos del sector campesino son bajos por no tener a su alcance los insumos clave de la producción (el fertilizante y la protección contra plagas). El sector campesino produce la única oferta de maíz insustituible para la cocina pluricultural mexicana (tortillas, tlayudas, totopos, pozole, pozol, tlacoyos, tamales, teshuino, tascalate, etc.). Los maíces modernos no son sustitutos de los maíces nativos en cuanto a calidad para la cocina mexicana.

La nación requiere cambiar su estrategia de producción de maíz para su seguridad alimentaria. Para alcanzarla en cuanto al maíz, los consorcios multinacionales encabezados por Monsanto ofrecen al país su “tecnología privada transgénica”; el Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT) ofrece su proyecto “MASAGRO”; y el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) ofrece su proyecto “Autosuficiencia en Maíz con tecnología pública”. El presidente de México escogió la propuesta del CIMMYT, mientras la propuesta de los consorcios multinacionales avanza, y se desestima la propuesta del INIFAP. El senexio de Calderón y la SAGARPA decidieron apoyar al CIMMYT, el proyecto MASAGRO (Modernización Sustentable de la Agricultura Tradicional), aportando 1 650 millones de pesos en diez años. El proyecto MASAGRO prometió incrementar sustentablemente el rendimiento promedio tradicional (campesino) de 2.2 toneladas/hectárea (t/ha) a 3.7 t/ha dentro del plazo de diez años. El proyecto consta de tres componentes en cuanto al maíz: 1) desarrollo sustentable con el productor, 2) descubrimiento de la diversidad genética de las semillas de maíz nativo, y 3) estrategia internacional para aumentar el rendimiento del maíz. El segundo componente implica el análisis de ADN de 422 mil muestras de maíz nativo mexicano, componente al que se destinará la mayor fracción presupuestal que será coordinada por CIMMYT con participación de laboratorios internacionales y nacionales. Los dos componentes restantes han sido definidos por CIMMYT para ser ejecutados por investigadores mexicanos de institutos y universidades públicas y privadas. Los investigadores han sido coordinados y reciben financiamiento en lo individual a través del CIMMYT. Los componentes 1) y 3) persiguen la sustentabilidad (del suelo y de la diversidad genética del maíz). Sin embargo, a la manera de la revolución verde, la intención es introducir variedades mejoradas de las corporaciones, en 1.5 millones de hectáreas, desplazando a los maíces nativos. Éstos se conservan por programas especiales *in situ* y en bancos de germoplasma. Esta estrategia reducirá la diversidad genética *in vivo* e interrumpirá el Mejoramiento Genético Autóctono.

Lo anterior en México, somete a una presión adicional a los productores y al campo en crisis desde hace muchos años, lejos de resarcir la distorsión del sistema de semillas en México, propiciado por quienes promovieron el cierre de la Productora Nacional de Semillas (PRONASE), el abandono de abastecimiento de semillas alternativos y con ello la concentración y comercio de semillas en unas cuantas empresas transnacionales, que comercializan la semilla a los precios más elevados del mundo, se afecta severamente la sustentabilidad y equilibrio de la diversidad genética de la especie más importante para la humanidad. Lo anterior ha sido documentado por Tu-

rrent *et al.* (2014), Turrent *et al.* (2017) y otros estudios que señalan la afectación a los grupos indígenas por este programa (CEMDA, 2016).

CONCLUSIONES

Las crisis agrícolas en México han sido recurrentes y paralelas o posteriores a las crisis económicas, la investigación agrícola que se ha realizado en el país, así como el respaldo para apuntalar la producción con participación directa y recursos del Estado, propiciaron el milagro agrícola mexicano; sin embargo también generaron la profunda crisis en la cual se encuentra ahora el país.

La investigación agrícola orientada en mayor proporción hacia las áreas altamente productivas ha sido fundamental como alternativa a las crisis agrícolas y económicas del país, para lograr incrementos en la producción y productividad de la producción agrícola, fue un elemento impulsor del campo, ha desempeñado un papel relevante; sin embargo tiene cuentas pendientes con el sector menos privilegiado, ya que ha favorecido en mayor proporción a los sectores altamente productivos, con énfasis en atender a quienes están cerca de la toma de decisiones y para beneficio de quienes tienen mayores recursos económicos y tierras de mayor potencial productivo.

La crisis agrícola severa de México tiene relación directa con las decisiones gubernamentales de retirar la infraestructura para la producción, cancelar los organismos que sustentaban el milagro agrícola mexicano, la crisis tiene un paralelo completo con el Tratado de Libre Comercio (TLCAN), con el cual se propició la concentración de tierras en empresas internacionales; alimentos y productos más caros, escasa inversión estratégica para elevar la producción, desapareció el servicio de extensionismo, los programas para facilitar acceso a semilla mejorada (cierre de PRONASE), de fertilizantes (cancelación de FERTIMEX), el crédito agrícola se contrajo dramáticamente, cierre de CONASUPO, entre otras medidas que afectaron sistemáticamente la producción. El resultado es que la crisis en la producción agrícola en México cada año es más grave: se importa casi el 85% de arroz que se consume en el país, más del 40% del trigo que se requiere, el 95% de oleaginosas, más del 30% del maíz, se importan volúmenes importantes de frijol.

Adicionalmente como estrategia, se autorizó la siembra de experimentos transgénicos de maíz en 2009, lo que fue suspendido por la decisión de un juez federal en respuesta a la demanda colectiva y los argumentos documentados de daños por contaminación de glifosato y transgénicos al ambiente, al suelo, agua, daños a la salud, a la diversidad genética y graves repercusiones

sin posibilidad de evitar las contaminaciones. En las semanas siguientes los jueces deberán decidir si mantienen el embargo de siembras de maíz transgénico o atienden las peticiones por parte de las grandes corporaciones transnacionales y se autoriza la siembra comercial de transgénicos. Estas siembras comerciales de maíz transgénico solicitadas, por Monsanto y otras corporaciones, significaría que se generalizará la presencia de transgénicos en regiones productoras de maíz y en pocos ciclos todas las variedades nativas tendrán transgénicos contaminantes. Habrá en las variedades nativas de maíz gran número de contaminantes, al grado que seguramente se propiciará un problema mayúsculo, con repercusiones para México y para la humanidad entera. Ante la discusión del nuevo TLCAN, se podría incorporar a México en el Acta UPOV 91, lo que podría ser el marco jurídico para apropiarse por parte de las corporaciones de los acervos nativos al poseer los transgénicos patentados. Eso representaría el mayor despojo de germoplasma en la historia de la humanidad.

Se estaría afectando el reservorio genético de la mayor variabilidad para el cultivo más importante para el mundo, con efectos impredecibles. La acumulación de transgénos en el genoma de maíces nativos puede llegar a un umbral de intolerancia que afecte el funcionamiento normal. Lo anterior podría dilucidarse después de acumular en razas y maíces nativos buen número de los eventos transgénicos, estableciendo experimentos en un lugar aislado como una isla o en convenio con otro país.

La autorización para sembrar maíz transgénico en México es una medida que agregaría mayor severidad a la crisis agrícola que tiene México, sería además un atentado contra la humanidad, que privilegia a las transnacionales y afecta la proeza tecnológica de mejoramiento autóctono, continuo y dinámico de trabajo colectivo de millones de campesinos e indígenas.

La bioseguridad será prácticamente imposible, ocurriendo una contaminación masiva en su centro de origen, con la inminente contaminación transgénica en corto plazo, atentaría el reservorio genético del maíz para todo el mundo. Los habitantes de la tierra y la sociedad civil de las diferentes culturas no deben permitir que esto ocurra.

Ceder al Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT), la coordinación de la investigación estratégica en maíz y trigo, al apoyar el proyecto "MASAGRO", en el cual colaboraría el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) y otras instituciones de enseñanza, resume una cadena de escaso crédito a las instituciones de investigación nacionales, así como el escaso valor y no reconocer las estrategias de técnicos mexicanos para lograr la "Autosuficiencia en maíz con tecnología pública". Lejos de resarcir la distorsión del sistema de semillas en México, propiciado por quienes promovieron el cierre de la Productora Nacional

de Semillas (PRONASE), el abandono de abastecimiento de semillas alternativos y con ello la concentración y comercio de semillas en unas cuantas empresas transnacionales, que comercializan la semilla a precios injustos para los productores mexicanos, se afectará severamente la sustentabilidad y equilibrio de la diversidad genética de la especie más importante para la humanidad.

BIBLIOGRAFÍA

- Astini, J.P.; A. Fonseca, C. Clark, J. Lizaso, L. Grass, M. Westgate, and R. Arrit (2009), "Predicting Outcrossing in Maize Hybrid Seed Production", en *Agronomy Journal*, vol. 101, núm. 2, pp. 373-380.
- 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, Instituto Nacional de Antropología e Historia.
- Boege, E.; G. Vidriales C., I. García C., M. Mondragón, A.J. Rivas, M.P. Lozada y F. Soto (2008), *El patrimonio biocultural de los pueblos indígenas de México*, México, Instituto Nacional de Antropología e Historia/Comisión Nacional para el Desarrollo de los Pueblos Indígenas.
- Caballero, J. (1985), "Exploración de recursos genéticos potenciales", en H. Palomino y E. Pimienta (eds.), *Memorias del Seminario sobre Investigación Genética Básica en el Conocimiento y Evaluación de los Recursos Genéticos*, México, Jardín Botánico de la UNAM/SOMEFI, pp. 28-40.
- Espinosa C., A. (2008), "Un engaño, el régimen de protección especial del maíz", en *UNAM, Comunidad*, vol. 21, núm. 12, pp. 20-22.
- Espinosa C., A.; J.J. Castellón G., J.I. Cortes F y A. Turrent F (1993), "Producción de semillas certificadas de maíz a través de microempresas como una estrategia de abastecimiento para México", en *Memorias de Sistemas de Producción y Desarrollo Agrícola*, México, C.P. Montecillo, ORSTOM/CONACYT, pp. 401-403.
- Espinosa C., A.; M. Sierra M. y N. Gómez M. (2003), "Producción y tecnología de semillas mejoradas de maíz por el INIFAP en el escenario sin la PRONASE", en *Agronomía Mesoamericana*, vol. 14, núm. 1, pp. 117-121.
- Espinosa C., A.; M.A. López P., N. Gómez M., E. Betanzos M., M. Sierra M., B. Coutiño E., R. Aveldaño S., E. Preciado O. y A. D. Terrón. (2003a), "Indicadores económicos para la producción y uso de semilla mejorada de maíz de calidad proteínica (QPM) en México", en *Agronomía Mesoamericana*, vol. 14, núm. 1, pp. 105-106.

- Espinosa C., A.; J. Piña R., A. Caetano de O. y M. Mora V. (2004), "Listado de variedades liberadas por el INIFAP de 1980 a 2003", Chapingo, México, publicación especial núm. 2, INIFAP/CIRCE/CEVAMEX.
- Espinosa C., A.; M. Tadeo R., N. Gómez M., M. Sierra M., A. Palafox C., F. Caballero H., R. Valdivia B., F. A. Rodríguez M. y M. Bayardo P. (2006), "Implicaciones e impacto del uso de transgénicos de maíz en México con respecto a variedades mejoradas convencionales", en *IX Congreso Internacional en Ciencias Agrícolas*, Mexicali, B.C., Universidad Autónoma de Baja California, pp. 2-11.
- Espinosa C., A.; M. Tadeo R., A. Turrent F., N. Gómez M., M. Sierra M., A. Palafox C., F. Caballero H., R. Valdivia B. y F. A. Rodríguez M. (2007), "Variedades mejoradas disponibles y abastecimiento de semillas ante la nueva Ley de Semillas en México", en Raquel Muñiz Salazar, Silvia Avilés Marín, Lourdes Cervantes Díaz, Rubén Encinas Fregoso (eds.), *Memorias de X Congreso Internacional en Ciencias Agrícolas*, Mexicali, B.C., Universidad Autónoma de Baja California/Instituto de Ciencias Agrícolas, pp. 490-496.
- Espinosa C., A.; Turrent F., M. Tadeo R., N. Gómez M., M. Sierra M. y F. Caballero H. (2008), "Importancia del uso de semilla de variedades mejoradas y nativas de maíz en México", en *Desde los colores del maíz, una agenda para el campo mexicano*, Editor J. Luis Seefó.
- Espinosa C., A.; M. Tadeo R., A. Turrent F., N. Gómez M., M. Sierra M., A. Caballero H., R. Valdivia B. y F. Rodríguez M. (2009a), *El potencial de las variedades nativas y mejoradas de maíz*, Ciencias. 92-93: 118-125.
- Espinosa C., A.; M. Tadeo R., A. Turrent F., M. Sierra M., N. Gómez M., A. Palafox C., F. A. Rodríguez M., F. Caballero H., R. Valdivia B. y B. Zamudio G. (2009b), "Las semillas insumo fundamental para avanzar hacia la suficiencia alimentaria y reserva estratégica de granos", en Alfonso Ramírez Cuéllar, Benito Ramírez Valverde, Beatriz A. Cavalloti Vázquez y Alfredo Cesin Vargas (coords.), *Reserva estratégica de alimentos: una alternativa para el desarrollo del campo mexicano y la soberanía alimentaria*, CEDRSSA/SAGARPA/CP/UACH, pp. 77-90.
- Espinosa C., A.; A. Turrent-Fernández, M. Tadeo-Robledo, A. San Vicente-Tello, N. Gómez-Montiel, R. Valdivia-Bernal, M. Sierra-Macías y B. Zamudio-González (2014), "Ley de semillas y Ley Federal de variedades vegetales y transgénicos de maíz en México", en *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, vol. 5, núm. 2, pp. 293-308.
- Espinosa C., A.; A. Turrent F., M. Tadeo R., K.Y. Mora G., B. Zamudio G., N. Gómez M., M. Sierra M., J. Zaragoza E. y R. Valdivia B. (2016), "El abastecimiento de semilla de variedades mejoradas y nativas de maíz ante el marco jurídico, transgénicos y soberanía alimentaria de México. Una re-

- flexión crítica sobre las condiciones sociales de generación del conocimiento científico en torno al maíz”, en Ignacio López Moreno, Ivonne Vizcarra Bordi (coords.), *El maíz nativo en México Una aproximación crítica desde los estudios rurales*, México, Universidad Autónoma Metropolitana/Juan Pablos.
- European Union Rapid Alert System for Food and Feed (EURAS) (2006), “Report of Week 41”, disponible en <http://ec.europa.eu/food/food/rapid_alert/reports/week_41-2006_en.pdf>, consultada el 20 de abril de 2010.
- Fowler C. y P. Mooney (1990), *Shattering Food, Politics and the Loss of Genetic Diversity*, Tucson, The University of Arizona Press.
- Gómez M., N.; M. Sierra M., M. González C., M.A. Cantú A., A. Ramírez F., J.D.J. Wong P., M. Manjarrez S., J.L. Ramírez D. y A. Espinosa C. (2005), “H-562, híbrido de maíz de alto rendimiento y tolerante al complejo ‘Mancha de asfalto’ y royas”, folleto técnico, núm. 11, Iguala, Guerrero, Campo Experimental Iguala/Centro de Investigación Regional Pacifico Sur/INIFAP.
- Gómez M., N.; M.A. Cantú-Almaguer, C. del A. Hernández-Galeno, M.G. Vázquez Carrillo, F.A. Aragón Cuevas, A. Espinosa-Calderón y F. Palemón-Alberto (2014a), “V-236 P, cultivar de maíz pepitilla para regiones de montaña baja”, en *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, núm. 7, pp. 1309-1313.
- Gómez M., N.; M.A. Cantú-Almaguer, C. del A. Hernández-Galeno, M.G. Vázquez Carrillo, F.A. Aragón Cuevas, A. Espinosa-Calderón y F. Palemón-Alberto (2014b), “V-237 AN, cultivar mejorado de maíz ‘ancho pozolero’ para la región semicálida de Guerrero”, en *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, núm. 7, pp. 1315-1319.
- Kato, T.A. (2006), “Variedades transgénicas y el maíz nativo en México”, en *Agricultura, Sociedad y Desarrollo*, vol. 1, núm. 2, pp. 101-109.
- Ma BL, KD Subedi, and LM Reid. (2004), “Extent of Cross Fertilization in Maize by Pollen from Neighboring Transgenic Hybrids”, en *Crop Sci*, vol. 44, núm. 4, pp. 1273-1282.
- Ma BL and KD Subedi, (2005), “Bt Maize Inferior Yield”, en *Field Crops Research* 93, pp. 199-211.
- Pilson, D. and H.R. Prendeville (2004), “Ecological Effects of Transgenic Crops and the Escape of Transgenes into Wild Populations”, en *Annual Review of Ecology Evolution and Systematics*, vol. 35, pp. 149-174.
- Ribeiro, S. (2010), “Celebrando la dependencia: el maíz a las transnacionales”, en *La jornada*, sábado 28 de agosto, disponible en <<http://www.jornada.unam.mx/2010/08/28/index.php?section=economia&article=027aleco>>.

- Serratos-Hernández, J.A.; F. Islas-Gutiérrez, E. Buendía-Rodríguez y J. Berthaud (2005), "Gene Flor Scenarios with Transgenic Maize in Mexico", en *Environmental Biosafety Research*, vol. 3, núm. 3 (2004), pp. 149-157.
- Serratos-Hernández, J.A.; J.L. Gómez-Olivares, N. Salinas-Arreortua, E. Buendía-Rodríguez, F. Islas-Gutiérrez y A. de-Ita (2007), "Transgenic Proteins in Maize in the Soil Conservation Area of Federal District, Mexico", en *Frontiers in Ecology and the Environment*, vol. 5, núm. 5, pp. 247-252.
- Scott, R. y K. Smith (2007), "Prevention and Control of Glyphosate-Resistant Pigweed in Roundup Ready Soybean and Cotton", University of Arkansas Cooperative Extension Service, n.d., disponible en <http://www.uaex.edu/Other_Areas/publications/PDF/FSA-2152.pdf>.
- Sierra M., M.; A. Palafox C., F. Rodríguez M., A. Espinosa C., N. Gómez M., F. Caballero H., S. Barrón F. y A. Sandoval R. (2005), "H-520 y 518, nuevos híbridos trilineales de maíz para el trópico húmedo de México", en Miguel Barandiaran Gamarra, Alexander Chávez Cabrera, Ricardo Sevilla Panizo, Teodoro Narro León (eds.), *XX Reunión Latinoamericana de Maíz*, Lima, Perú, pp. 628-632.
- Solano, A.M.; A. Espinosa C., M. Tadeo R., R. Martínez M. y A. Piña D.V. (1997), "Incorporation of Androsterility and Identification of Male Fertility Restorers in Maize Germplasm from CIMMYT and UNAM, in the Genetics and Exploitation of Heterosis in Crops", en *International Symposium*, México, CIMMYT, pp. 358-359.
- Tadeo R., M. (1993), "PUMA-1157 y PUMA-1159 primeros híbridos de maíz que ofrece la FESC-UNAM a la agricultura Mexicana", en *UNAM-Comunidad*, vol. 8, núm. 18, p. 3.
- Tadeo R., M. (2001) "Esterilidad masculina para producir semilla híbrida de maíz", en *Ciencia y Desarrollo*, vol. 157, pp. 64-75.
- Tadeo R., M. (2003), "Androesterilidad en líneas e híbridos de maíz de Valles Altos de México", en *Agronomía Mesoamericana*, vol. 14, núm. 1, pp. 15-19.
- Tadeo R., M. (2003), "Microempresas de semillas con híbridos 'Pumas de maíz' alternativa para abastecimiento en México", en *Revista FESC Divulgación Científica Multidisciplinaria*, año 3, núm. 8, pp. 5-10.
- Tadeo R., M. (2004), "Producción de semilla y difusión de variedades e híbridos de maíz de grano amarillo para Valles Altos de México", en *Revista FESC Divulgación Científica Multidisciplinaria*, año 4, núm. 14, pp. 5-10.
- Tadeo R., M.; M.A. Espinosa C., R. Martínez M., A.M. Solano y A. Piña D.V. (1997), "Use of CIMMYT Germplasm to Develop Maize Hybrids at

- the UNAM”, en *The Genetics and Exploitation of Heterosis in Crops*, An International Symposium México, pp. 240-241.
- Tadeo R., M.; R. Solano y M. Martínez (1999), “Androesterilidad en líneas e híbridos de maíz de Valles Altos de México”, en *Resúmenes de la XLV Reunión Anual del PCCMCA*, 12 a 15 de abril, 1999, Guatemala, Guatemala.
- Tadeo R., M. y R. Arias R. (2005), “Producción y tecnología de semillas, desarrollo y difusión de híbridos y variedades de maíz de la UNAM para su adopción extensiva en México”, en Miguel Barandiaran Gamarra, Alexander Chávez Cabrera, Ricardo Sevilla Panizo y Teodoro Narro León (eds.), *XX Reunión Latinoamericana de Maíz*, Lima, Perú, pp. 435-441.
- Tadeo-Robledo, M.; A. Espinosa-Calderón, A. Turrent-Fernández, B. Zamudio-González, M. Sierra-Macías, N. Gómez-Montiel, R. Valdivia-Bernal y J. Virgen-Vargas (2014), “Rendimiento de híbridos androestériles y fértiles de maíz en dos localidades en Valles Altos de México”, en *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, vol. 5, núm. 5, pp. 883-891
- Tadeo-Robledo, M.; A. Espinosa-Calderón, R. Guzmán-Máximo, A. Turrent-Fernández, J. Zaragoza-Esparza y J. Virgen-Vargas (2015), “Productividad de híbridos varietales de maíz de grano amarillo para Valles Altos de México”, en *Agronomía Mesoamericana*, vol. 26, núm. 1, pp. 65-72.
- Tadeo-Robledo, M.; A. Espinosa-Calderón, J.J. García-Zavala, R. Lobato-Ortiz, N.O. Gómez-Montiel, M. Sierra-Macías, R. Valdivia-Bernal, B. Zamudio-González, B. Martínez-Yañez, C. López-López, K.Y. Mora-García, E.I. Canales-Islas, A.L. Cárdenas-Marcelo, J. Zaragoza-Esparza, y H.J. Alcántar-Lugo (2016), “Tsiri puma, híbrido de maíz para Valles Altos con esquema de androesterilidad para producción de semillas”, en *Revista Fitotecnía Mexicana*, vol. 39, núm. 3, pp. 331-333.
- Turrent-Fernández, A. y A. Espinosa C. (2006), “Seguridad alimentaria y el mercado nacional de semillas”, en *Memorias del Ciclo de Conferencias*, 10 Años de Enlace, Innovación, Progreso, Fundación Hidalgo Produce, pp. 44-50.
- Turrent-Fernández, A. (2009), “Potencial productivo de maíz en México”, en *La Jornada del Campo*, núm. 16, 13 de enero, México, pp. 16-17.
- Turrent-Fernández, A. (2009a), “Potencial productivo de maíz”, en *Revista Ciencias*, núm. 92-93, octubre 2008-marzo 2009, pp. 126-129.
- Turrent-Fernández, A. (2013), *El maíz transgénico en 15 píldoras*, edición Francisco Toledo, PRO-OAX, A.C., José Luis Chávez Servia, UCCS Oaxaca, Alejandro de Ávila, Jardín Etnobotánico de Oaxaca y UCCS.
- Turrent-Fernández, A.; R. Aveldaño-Salazar, y R. Moreno-Dahme (1996), “Análisis de las posibilidades técnicas de la autosuficiencia alimentaria sostenible de maíz en México”, en *Terra*, vol. 14, núm. 4, pp. 445-468.

- Turrent-Fernández, A.; R. Camas-Gómez, A. López-Luna, M. Cantú-Almaguer, J. Ramírez-Silva, J. Medina-Méndez y A. Palafox-Caballero (2004a), “Producción de maíz bajo riego en el Sur-Sureste de México: I”, en *Análisis Agronómico, Agricultura Técnica en México*, vol. 30, núm. 2, pp. 153-167.
- Turrent-Fernández, A.; J. Medina-Méndez y A. Palafox-Caballero (2004 b), “Producción de maíz bajo riego en el Sur-Sureste de México. II”, en *Desempeño financiero y primera aproximación tecnológica*, Agricultura Técnica en México, vol. 30, núm. 2, pp. 205-221.
- Turrent-Fernández, A.; J.A. Serratos-Hernández, H. Mejía-Andrade y A. Espinosa-Calderón (2009b), “Propuesta de cotejo de impacto de la acumulación de transgenes en el maíz (*Zea mays* L.) nativo mexicano”, en *Agrociencia*, vol. 43, núm. 3, pp. 257-265.
- Turrent-Fernández, A.; J.A. Serratos-Hernández, H. Mejía-Andrade y A. Espinosa-Calderón (2009c), “Liberación comercial de maíz transgénico y acumulación de transgenes en razas de maíz mexicano”, *Revista Fito-tecnia Mexicana*, vol. 32, núm. 4, pp. 257-263.
- Turrent-Fernández, A.; J.I. Cortés F. y H. Mejía A. (2014), “Análisis de la estrategia MasAgro-maíz”, en *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, vol. 5, núm. 8, pp. 1531-1547.
- Turrent-Fernández, A.; J.I. Cortés-Flores, A. Espinosa-Calderón, C. Turrent-Thompson y H. Mejía-Andrade (2016), “Cambio climático y algunas estrategias agrícolas para fortalecer la seguridad alimentaria de México”, en *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, vol. 7, núm. 7, pp. 1727-1739.
- Turrent-Fernández, A.; E. Hernández R., R. Camas G., J.P. Torres Z. y A. Zambada M. (2017), MasAgro o MIAF “¿Cuál es la opción para modernizar sustentablemente la agricultura tradicional de México?”, en *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, vol. 8, núm. 5, pp. 1169-1185.
- Unión de Científicos Comprometidos con la Sociedad (UCCS) (2009), “Extrañamiento al Presidente de la República Mexicana”, disponible en <http://www.unionccs.net/comunicados/index.php?doc=sciencetrmaize_es>, consultado el 4 de abril de 2010.
- Véase el reporte de la Union of Concerned Scientist: “Gone to Seed”, disponible en <http://www.ucsusa.org/assets/documents/food_and_agriculture/seedreport_fullreport.pdf> y muchos otros reportes en trabajos científicos.
- Véase <http://go.ucsusa.org/food_and_environment/pharm/index.php?s_keyword=XX>.