



FORO DE CONSULTA

SOBRE INGENIERÍA GENÉTICA DE ORGANISMOS GENÉTICAMENTE MODIFICABLES

Palacio Legislativo de San Lázaro  12 de mayo de 2010

MEMORIA



FORO DE CONSULTA

**SOBRE
INGENIERÍA GENÉTICA
DE ORGANISMOS GENÉTICAMENTE
MODIFICABLES**

Palacio Legislativo de San Lázaro 🗳️ 12 de mayo de 2010

MEMORIA

México, agosto de 2011

Foro de consulta sobre ingeniería genética de organismos genéticamente modificables. Memoria

D.R. © Honorable Cámara de Diputados
LXI Legislatura / Congreso de la Unión
Av. Congreso de la Unión, núm. 66
Col. El Parque, 15960 México, D.F.

ISBN 978-607-7919-17-9

Centro de Estudios para el Desarrollo Rural Sustentable y la Soberanía Alimentaria

Responsable de la Subdirección de Difusión y Editorial del CEDRSSA
M.D. Ma. Alejandra Martínez Ramírez

Coordinadora de la publicación
M.C. Gloria Margarita Álvarez López

Asistente
Alicia Salazar

Revisión
Gilberto Jaimes

Diseño de la colección
Kinética

Diseño de la portada
Kinética / Altas y Bajas, Servicios Editoriales, Sociedad Cooperativa de R.L. de C.V.

Producción editorial
Altas y Bajas, Servicios Editoriales, Sociedad Cooperativa de R.L. de C.V.

Las opiniones y conclusiones en cada uno de los ensayos son responsabilidad exclusiva de los autores y no necesariamente coinciden con las del CEDRSSA.

Impreso en México / *Printed in Mexico*

CÁMARA DE DIPUTADOS

LXI Legislatura

Mesa Directiva

Presidente

Jorge Carlos Ramírez Marín

Vicepresidentes

Amador Monroy Estrada

Francisco Javier Salazar Sáenz

José de Jesús Zambrano Grijalva

Secretarios

María de Jesús Aguirre Maldonado

María Dolores del Río Sánchez

Balfre Vargas Cortez

Carlos Samuel Moreno Terán

Herón Agustín Escobar García

Cora Cecilia Pinedo Alonso

María Guadalupe García Almanza

**Cuerpo administrativo
de la H. Cámara de Diputados**

Secretario general

Guillermo Haro Bélchez

Secretario de Servicios Parlamentarios

Emilio Suárez Licona

Secretario de Servicios Administrativos y Financieros

Ramón Zamanillo Pérez

CEDRSSA

Comité del CEDRSSA

Presidente

Héctor Eduardo Velasco Monroy

Secretaria

Olivia Guillén Padilla

Secretario

Justino Eugenio Arriaga Rojas

Secretario

Federico Ovalle Vaquera

Integrantes

*Laura Itzel Castillo Juárez
Gerardo del Mazo Morales
Francisco Alberto Jiménez Merino
Cruz López Aguilar
Avelino Méndez Rangel*

*Norma Leticia Orozco Torres
Héctor Pedraza Olguín
Sergio Arturo Torres Santos
Javier Bernardo Usabiaga Arroyo
Rolando Zubia Rivera*

**CENTRO DE ESTUDIOS PARA EL DESARROLLO RURAL
SUSTENTABLE Y LA SOBERANÍA ALIMENTARIA**

Director general

César Turrent Fernández

Integrantes

*G. Margarita Alvarez López, Altynai Arias Hernández,
Jazmín Barajas Santinelli, Alejandro Cancino y León, Liza Covantes Torres,
Luis Cruz Nieva, Francisco Escobar Vega, Ricardo González Cárabes,
Jesús Guzmán Flores, Gilberto Jaimes Jaimes, Verónica Lira López,
Francisco López Bárcenas, Emilio López Gámez, Ricardo López Núñez,
Francisco Márquez Aguilar, Ma. Alejandra Martínez Ramírez,
Carlos Menéndez Gámiz, Juan Ponce Salazar, Publio Rábago Riquer,
Gabriela Rangel Faz, Efraín Romero Cruz, Francisco Solorza Luna,
Jaime Salvador Trejo Monroy, Gladis Ugalde Vitelly, Irma Leticia Valera Jaso,
Patricia Álvarez Macedo, Marco Antonio Blancarte Rosas, Jesús Cardoso Ramírez,
Ana Macías Pasquali, Leticia Pacheco Belmar, Leticia Ramírez Adame,
Mónica Ramírez Laija, Alicia Salazar Cruz y Beatriz Sánchez Hernández*

Comisión de Agricultura y Ganadería

Presidente

Cruz López Aguilar

Secretarios

*Fermín Montes Cavazos
Manuel Humberto Cota Jiménez
Alfredo Francisco Lugo Oñate
Luis Félix Rodríguez Sosa
Rolando Zubia Rivera*

*Sergio Arturo Torres Santos
Dora Evelyn Triguera Durón
José M. Torres Robledo
José Narro Céspedes
Javier Bernardo Usabiaga Arroyo*

Integrantes

*José Luis Álvarez Martínez
Óscar García Barrón
Joel González Díaz
Narcedalia Ramírez Pineda
Jorge Rojo García de Alba
Gerardo Sánchez García
Héctor Eduardo Velasco Monroy
Eduardo Zarzosa Sánchez
Benigno Quezada Naranjo
Adolfo Rojo Montoya*

*Alberto Esquer Gutiérrez
José Luis Íñiguez Gámez
Fernando Santamaría Prieto
Liev Vladimir Ramos Cárdenas
Enrique Octavio Trejo Azuara
Héctor Elías Barraza Chávez
Ramón Jiménez Fuentes
José María Valencia Barajas
Liborio Vidal Aguilar*

Secretario técnico

Rubén Treviño Castillo

Coordinación de Asuntos Legislativos

Jesús Rivera García

Coordinación de Eventos

Guillermo Rodríguez Miramontes

Coordinación de Correspondencia y Gestión Social

Adolfo Espinosa Avilés

Coordinación de Servicios de Apoyo

Eduardo Sarmiento Cortés

Índice

Presentación

11

Inauguración

15

Conferencias magistrales

21

Panel 1

Conservación del germoplasma

53

Panel 2

Bioseguridad de organismos genéticamente modificados

79

Panel 3

Monitoreo de organismos genéticamente modificados

119

Panel 4

Atención a las necesidades de los productores nacionales en materia de ingeniería genética

147

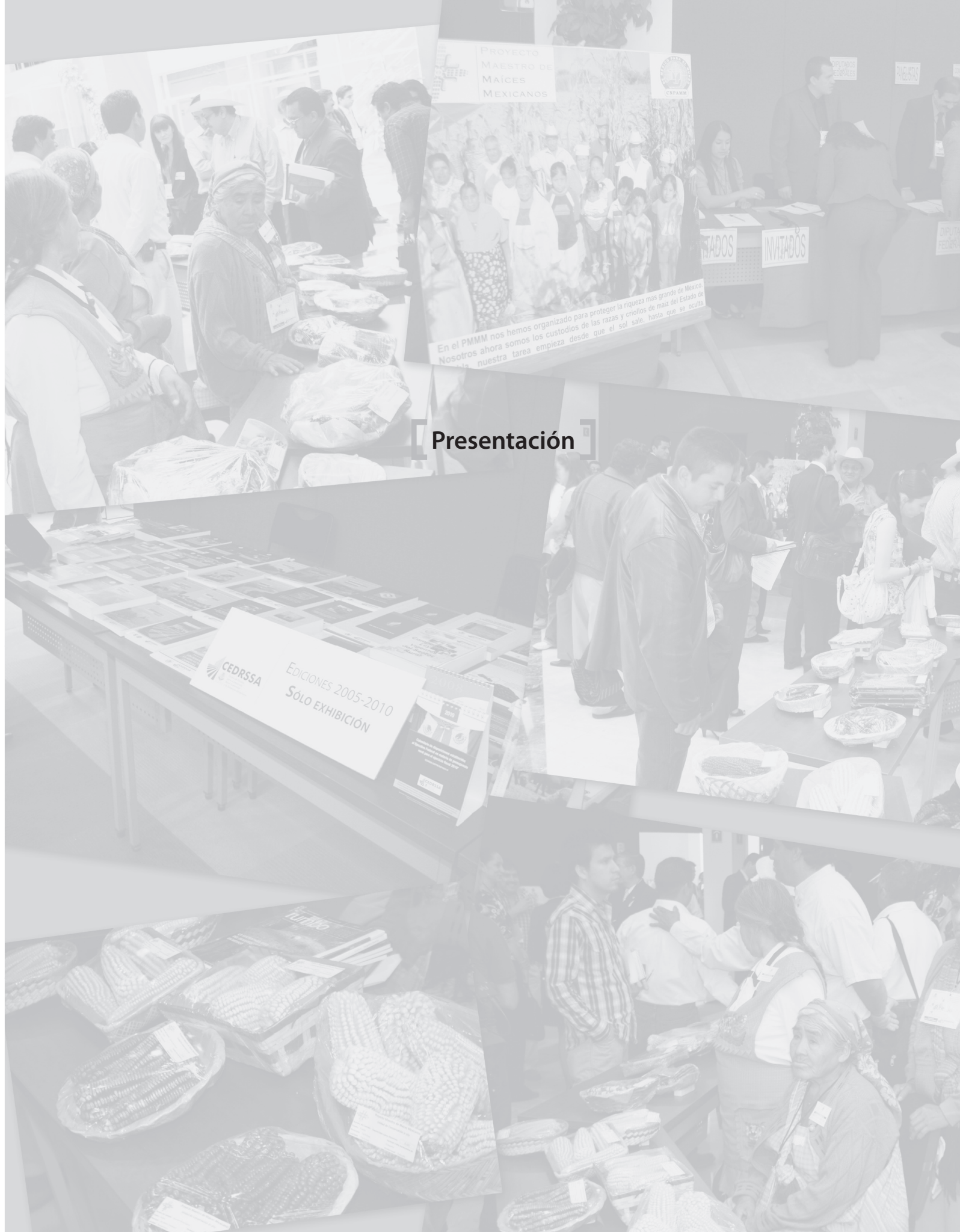
Panel 5

Retos agronómicos, ambientales y socioeconómicos en materia de ingeniería genética para México

187

Clausura

217



PROYECTO
MAESTRO DE
MAÍCES
MEXICANOS



En el PMM nos hemos organizado para proteger la riqueza más grande de México. Nosotros ahora somos los custodios de las razas y criollos de maíz del Estado de Jalisco, nuestra tarea empieza desde que el sol sale, hasta que se oculta.

Presentación



EDICIONES 2005-2010
SÓLO EXHIBICIÓN





El pleno de la Cámara de Diputados aprobó, a principios de 2010, la Proposición “con puntos de acuerdo por los que se exhorta a la Comisión de Agricultura y Ganadería de esta soberanía a realizar con el Centro de Estudios para el Desarrollo Rural Sustentable y la Soberanía Alimentaria, un foro de consulta sobre ingeniería genética de organismos genéticamente modificables entre los grupos interesados en el tema, especialistas e investigadores públicos y privados” suscrita por integrantes de diversos grupos parlamentarios.

En esta disposición, el pleno estableció invitar a productores rurales, consumidores, organizaciones ambientalistas, investigadores, empresas públicas y privadas, universidades y toda persona física o moral que tenga interés en el tema; así como implementar la temática sobre la experimentación con organismos genéticamente modificables, conservación de germoplasma y transgénicos.

En cumplimiento de este mandato, el Centro de Estudios para el Desarrollo Rural Sustentable y la Soberanía Alimentaria (CEDRSSA) y la Comisión de Agricultura y Ganadería diseñaron y llevaron a efecto el 12 de mayo de 2010, el “Foro de Consulta sobre Ingeniería Genética de Organismos Genéticamente Modificables”.

El diseño de este foro consistió en una sesión plenaria en donde se desarrollaron cuatro conferencias magistrales y cinco paneles de debate. Las cuatro conferencias magistrales fueron presentadas por especialistas

de renombre nacional e internacional y versaron sobre: *a)* Bases de la biología molecular, ingeniería genética y organismos genéticamente modificados; *b)* Importancia de la conservación del germoplasma y la estrategia mexicana para la conservación vegetal; *c)* Legislación nacional e internacional de bioseguridad de organismos genéticamente modificados y *d)* Insuficiencias, riesgos y peligros de la ingeniería genética: alternativas a la trayectoria tecnológica predominante. Los cinco paneles se realizaron de manera simultánea y se enfocaron en: *a)* Conservación del germoplasma; *b)* Bioseguridad de organismos genéticamente modificados en México; *c)* Monitoreo de organismos genéticamente modificados; *d)* Atención de las necesidades de los productores nacionales en materia de ingeniería genética y *e)* Retos agronómicos, ambientales y socioeconómicos en materia de ingeniería genética para México. Cada panel fue coordinado por un diputado perteneciente a la Comisión de Agricultura y Ganadería o al Comité del CEDRSSA y fueron diseñados para que intervinieran investigadores, funcionarios y productores de manera abierta y libre, para que la discusión fuese amplia.

La convocatoria a participar en el Foro fue por ello, una invitación abierta a todos los interesados en el tema, y la importancia del mismo favoreció la asistencia de investigadores, académicos, las más diversas organizaciones de productores, y funcionarios. Se contó así con la presencia de 180 personas, cuatro conferencistas magistrales y 31 panelistas, así como cinco diputados coordinadores. Entre los asistentes se incluyen

funcionarios de la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación, de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, de la Secretaría de Salud, de la Procuraduría Federal de Protección al Ambiente, de la Secretaría de Desarrollo Social, del Consejo Mexicano de la Industria de Productos de Consumo, A.C. y de la Financiera Rural, entre otros.

También asistieron productores de la Confederación Nacional Campesina, de la Central Independiente de Obreros Agrícolas y Campesinos, de la Unión Nacional de Organizaciones Regionales Campesinas Autónomas, de El Barzón, del Frente Campesinos Indígenas y Jornaleros del Estado de México, entre otros.

Al Foro acudieron integrantes de las organizaciones de la sociedad civil e investigadores de la Universidad Nacional Autónoma de México, del Instituto Politécnico Nacional, de la Universidad Autónoma Agraria "Antonio Narro", del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, y del Colegio de Posgraduados. De igual manera, participaron

consultores privados y representantes de empresas privadas como Bayer y Monsanto y representantes de organismos internacionales como el Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura.

Nos sentimos muy satisfechos de presentar al público en general la Memoria de este espacio de reflexión y diálogo generado en el "Foro de Consulta sobre Ingeniería Genética de Organismos Genéticamente Modificables" y esperamos que sea de gran utilidad para las actividades legislativas, académicas y productivas de México y del mundo. Para el CEDRSSA, esta publicación representa una oportunidad de continuar contribuyendo al enriquecimiento de la labor legislativa en tópicos especializados de interés para el desarrollo nacional.

Dr. César Turrent Fernández
Director general del Centro de Estudios
para el Desarrollo Rural
Sustentable y la Soberanía Alimentaria
de la Cámara de Diputados

[Inauguración]

Bienvenida. Objetivos y mecánica

Dip. Héctor Eduardo Velasco Monroy

Mensaje

Dip. Cruz López Aguilar





Intervención del Dip. Cruz López Aguilar; Dip. Héctor Velasco Monroy, Dr. César Turrent Fernández, Dr. Reynaldo Álvarez Morales, Dr. Luis Herrera Estrella y Lic. Alejandro Ferro Negrete.

El 16 de febrero en sesión de la Cámara de Diputados se aprobó un punto de acuerdo por el que se exhortaba a la Comisión de Agricultura y al Centro de Estudios para el Desarrollo Rural Sustentable y la Soberanía Alimentaria a organizar un foro de consulta sobre ingeniería genética con organismos genéticamente modificados, y hoy estamos dando cumplimiento a este ordenamiento de la propia Comisión de Agricultura y del pleno de la Cámara de Diputados.

Quiero aprovechar para dar la bienvenida a los diputados que hoy gentilmente nos acompañan y que están aquí presentes por el interés de la nación.

El objetivo de este foro es ofrecer desde el Congreso de la Unión un espacio idóneo para acopiar la información científica existente, así como las diversas posturas de los sectores involucrados en este muy importante y, por ello mismo, a veces polémico tema. Este foro se desarrollará en dos tiempos, bajo la siguiente mecánica: primero escucharemos cuatro conferencias magistrales; posteriormente, tras un receso para la comida, reiniciaremos con los trabajos de cinco paneles simultáneos, para que a las 18 horas podamos escuchar las conclusiones y demos por clausurado este foro.

Las conferencias magistrales serán del doctor Luis Herrera Estrella, del doctor José Sarukhán Kérmez, de la doctora María Elena Álvarez-Buylla Roces y del licenciado Alejandro Ferro Negrete.

Los paneles serán los siguientes:

Panel 1, "Conservación del germoplasma", será coordinado por el compañero diputado Justino Arriaga Rojas de la fracción parlamentaria del Partido Acción Nacional.

Panel 2, "Bioseguridad de organismos genéticamente modificados en México", será coordinado por el compañero diputado Federico Ovalle Vaquera de la fracción parlamentaria del Partido de la Revolución Democrática.

Panel 3, "Monitoreo de organismos genéticamente modificados", será coordinado por la compañera diputada Dora Evelyn Triguerras Durón de la fracción parlamentaria del Partido Acción Nacional.

Panel 4, "Atención a las necesidades de los productores nacionales en materia de ingeniería genética", será coordinado por el compañero diputado José Narro Céspedes de la fracción parlamentaria del Partido de la Revolución Democrática.

Panel 5, "Retos agronómicos, ambientales y socio-económicos en materia de ingeniería genética para México", será coordinado por el compañero diputado Alberto Jiménez Merino de la fracción parlamentaria del Partido Revolucionario Institucional.

Todo esto cobra mayor importancia cuando en nuestro país se han autorizado ya 431 permisos para 23 cultivos, entre ellos algodón, soya, tomate, calabacita, trigo y melón, y experimentalmente el maíz.

Por ello, la Presidencia del Comité del Centro de Estudios para el Desarrollo Rural Sustentable y la Soberanía Alimentaria propone que el resultado de estas decisiones sea sometido a un debate profundo entre todos los sectores involucrados, que sea con plena intervención y conocimiento de esta cámara de diputados; que los organismos genéticamente modificados no representen riesgos para la salud humana y la biodiversidad, y que se garantice la conservación de los centros de origen. En otras palabras, que sea respetada la Ley vigente, aprobada por esta cámara de diputados. Confiamos en que este foro, con su carácter especializado y su convocatoria plural, sea un

aporte estratégico en la toma de decisiones públicas sobre el cultivo de los llamados transgénicos, porque México, estimados asistentes, México necesita respuestas más que motivos de confrontaciones sociales.

Héctor Eduardo Velasco Monroy
Diputado federal por el Partido
Revolucionario Institucional
en la LXI Legislatura /
Presidente del Comité del Centro
de Estudios para el Desarrollo Rural
Sustentable y la Soberanía Alimentaria
de la Cámara de Diputados

Compañeros integrantes de la Comisión de Agricultura y Ganadería y del Comité del Centro de Estudios para el Desarrollo Rural Sustentable y la Soberanía Alimentaria (CEDRSSA), nos honra mucho en este foro la presencia de investigadores, maestros y académicos; celebramos también la presencia de las organizaciones de productores y sus dirigentes. Quiero resaltar una consideración especial a los custodios que están encargados en los núcleos agrarios: me refiero a las comunidades y a los ejidos de este país, y a los pequeños productores que han conservado precisamente los materiales que son tan importantes para la riqueza germoplásmica que tenemos en México; distinguidos invitados especiales, amigas y amigos que nos acompañan.

En el pleno de la Comisión de Agricultura y Ganadería acordamos llevar a cabo el Foro de Consulta sobre Ingeniería Genética atendiendo una proposición con punto de acuerdo que fue presentada por el diputado Héctor Pedraza Olguín.

Este evento no hubiera sido posible de no contar con el respaldo del Comité del CEDRSSA: le doy las gracias, de veras muy sentidas, por su respaldo al señor presidente del Comité, el diputado Héctor Velasco Monroy, y al señor director general, César Turrent Fernández.

A nombre de los 30 diputados –29 en realidad, pero como si estuviera todavía con nosotros nuestro querido diputado Juan Pascualli, quien falleció recientemente,

lo sentimos mucho– que formamos la Comisión de Agricultura y Ganadería y de los miembros del Comité del Centro de Estudios para el Desarrollo Rural Sustentable y la Soberanía Alimentaria, les expreso nuestro reconocimiento y agradecimiento por su presencia y sus valiosas aportaciones a la realización de este evento. Mi agradecimiento especial a los ponentes magistrales, gente con la que hemos tenido una relación muy estrecha desde la LIX Legislatura, cuando me tocó presidir la Comisión de Agricultura y Ganadería: me refiero a Luis Herrera, a José Sarukhán, a Alejandro Ferro y a Elena Álvarez-Buylla por el trabajo que han realizado, nuestro profundo agradecimiento como diputados federales, pero también, en mi caso particular, como dirigente social de nuestra organización y de las organizaciones del Movimiento Campesino Nacional.

Quiero dejar claro que los grupos de panelistas están integrados por investigadores, académicos y productores que conforman una mezcla de actores profundamente involucrados en el tema. La idea de este segundo escenario, me refiero a los paneles, busca imbricar la ciencia y la necesidad de los productores mediante un intercambio de opiniones, cuyo objetivo pretende configurar la consulta legislativa en este controvertido tema de la ingeniería genética, la biotecnología y la bioseguridad de organismos genéticamente modificados.

Saben que tenemos un avance en materia de bioseguridad de organismos genéticamente modificados,

que tenemos una ley; tenemos también algún adelanto sobre su reglamentación, pero debo decirles que este tema es algo que preocupa mucho a los diputados federales, así como todo lo relacionado con la ingeniería genética y la biotecnología, que seguramente reclamarán en los meses futuros y en los años que faltan de esta legislatura un trabajo legislativo adicional; por esa razón es muy importante lo que va a suceder en este foro. Tendremos una última etapa donde escucharemos las relatorías de los paneles, cuyos contenidos normarán en este tema el trabajo legislativo durante los dos últimos años de esta LXI Legislatura.

La mayor riqueza que tenemos en México es su megadiversidad, producto de una multitud afortunada de microclimas. No hemos explotado ni cuidado los recursos naturales, tampoco hemos resuelto el dilema de conciliar los intereses de los productores rurales y campesinos, con el aprovechamiento racional de los recursos naturales, la alimentación del pueblo y la bioseguridad de los organismos genéticamente modificados.

Quiero hacer un señalamiento, aunque es inconveniente, pero quiero hacer un señalamiento en relación con mi caso particular. Yo originalmente fui profesor e investigador de tiempo completo y es más que evidente mi veneración tanto por el método científico, lo que me obliga a considerar las aportaciones de la tecnología al rendimiento de la producción, como por el ingreso de los productores rurales y campesinos, por mi condición de dirigente social campesino.

Ahora bien, me tocó en la LIX Legislatura conducir la reunión de las comisiones unidas que aprobaron en primera instancia la Ley de Bioseguridad de Organismos Genéticamente Modificados, por lo que me

resulta natural la posibilidad de apoyar la investigación y la socialización de sus resultados.


De ahí, de esa experiencia, del ánimo de discutir los temas más controvertidos, surgió este foro, por eso invitamos a los investigadores y los juntamos, de veras de manera perfectamente pensada, con los productores, con los campesinos y los custodios de las razas, las semillas criollas especializadas y los productos orgánicos; me parece que esta combinación es fundamental para darle una orientación clara a la investigación en este tema.

Por eso estamos interesados en respaldar los bancos de germoplasma, las colectas de germoplasma, los programas maestros de cultivos y proponer su integración a la estructura programática y a los presupuestos que apruebe la Cámara de Diputados dentro del Programa Especial Concurrente para el Desarrollo Rural Sustentable.

Desde luego resulta fundamental darle prioridad a la investigación, la experimentación, la transferencia de tecnología, la educación agrícola superior y la indispensable vinculación con los productores rurales y sus organizaciones.

Termino haciendo votos por el éxito del foro así como por sus resultados. No hay mejor forma de legislar que hacerlo con conocimiento de causa. Que sea para el bien de México.

Cruz López Aguilar
Diputado federal por el Partido Revolucionario
Institucional en la LXI Legislatura /
Presidente de la Comisión de Agricultura
y Ganadería de la Cámara de Diputados



Conferencias magistrales

**Bases de la biología molecular, la ingeniería genética
y los organismos genéticamente modificados**

Dr. Luis Herrera Estrella

**Importancia de la conservación del germoplasma y la estrategia mexicana
para la conservación vegetal**

Dr. José Sarukhán Kérmez

**Legislación nacional e internacional de bioseguridad de organismos
genéticamente modificados**

Lic. Alejandro Ferro Negrete

**Insuficiencias, riesgos y peligros de la ingeniería genética: alternativas
a la trayectoria tecnológica predominante**

Dra. María Elena Álvarez-Buylla Roces





Dip. Cruz López Aguilar, Dip. Héctor Velasco Monroy, Dr. César Turrent Fernández, Dr. Reynaldo Álvarez Morales, Dr. Luis Herrera Estrella y Dr. José Sarukhán Kérmex.

Bases de la biología molecular, la ingeniería genética y los organismos genéticamente modificados

Dr. Luis Herrera Estrella*

El mejoramiento genético de las plantas se inició hace diez mil años cuando se estableció la agricultura. En México todas las culturas mesoamericanas tuvieron una participación muy importante en la domesticación de maíz, frijol, chile, tomate, cacao, entre otros, logrando transformaciones verdaderamente increíbles como en el caso del teocintle, del que se obtuvo el maíz.

El mejoramiento genético de los animales para el ganado –vacas y borregos– se inició hace alrededor de cinco mil años; el mejoramiento de los caninos, hace cuatro mil. Todo esto nos indica que el hombre ha modificado los organismos vivos para darles una mayor utilidad, con el propósito, principalmente, de producir alimentos.

Los organismos transgénicos son aquellos a los que se les ha introducido material genético ya sea de su mismo origen o de otro organismo por medio de métodos de laboratorio, es decir, utilizando ácido desoxirribonucleico (ADN) recombinante.

Esta tecnología para producir organismos transgénicos tiene su fundamento en que la información hereditaria de todos los organismos vivos está contenida en el ácido desoxirribonucleico. El ADN es la misma molécula en todos los organismos vivos –un virus, una bacteria, una planta– y funciona de una manera muy parecida en todos. Podemos compararlo con un programa de cómputo: los programas de cómputo se fundamentan en un código binario de ceros y unos, el ADN tiene un código de cuatro letras –A, T, C y G–, que son utilizadas para todos los organismos, salvo que tienen algunas señales específicas que hacen que funcionen o no, de manera específica, en una planta, en un animal o en una bacteria. Es importante señalar que hay muchos genes que se comparten de manera

natural entre las bacterias, los animales y las plantas. Podemos poner como ejemplo que durante la evolución, la capacidad de las plantas de hacer fotosíntesis la adquirieron de una bacteria. El genoma completo se integró a una célula para formar lo que ahora conocemos como algas fotosintéticas.

Si queremos producir un organismo transgénico, debemos identificar los posibles orígenes de los genes que introduciremos en las plantas. Pueden ser genes de cualquier origen, es decir, de un organismo distinto, puede ser una bacteria, un alga, un hongo, eso hace una planta transgénica. También podemos hacer uso de genes de otras plantas; por ejemplo, si hay un gen en el maíz o en el chile que sea adecuado para que se incremente la calidad o la tolerancia de factores ambientales adversos, se puede transferir de una planta a otra. Esto antes no se podía hacer.

Ahora, también podemos utilizar genes de la misma especie, es decir, pasar genes de una variedad de maíz a otra de manera específica; a éstas se les conoce como “plantas sisgénicas”, y se mantienen separadas de los procesos convencionales porque interviene un proceso de laboratorio para transferir esos genes.

¿Cómo se construye una planta transgénica?

Lo primero que tenemos que hacer es identificar el gen de interés para que nos dé resistencia a insectos, tolerancia a la sequía, una mayor calidad del producto; en ocasiones, al identificar el gen, es necesario modificarlo.

La construcción, dependiendo de su origen, requerirá, o no, de la modificación: si el gen proviene de una bacteria, lo tenemos que modificar para que la planta lo reconozca y funcione en ella; si viene de otra planta, probablemente no necesitemos hacerle ninguna modificación y podrá insertarse de manera intacta en la nueva planta transgénica. Este trabajo se hace en el laboratorio utilizando técnicas de ADN recombinante, con una bacteria que se llama *Escherichia coli*.

* Director del Laboratorio Nacional de Genómica para la Biodiversidad, Centro de Investigación y Estudios Avanzados – Instituto Politécnico Nacional (Cinvestav-IPN, Irapuato).

Es importante señalar que el doctor Francisco Bolívar Zapata hizo contribuciones muy importantes en el ámbito mundial para el desarrollo de la tecnología del ADN recombinante, que es la base de toda la biología molecular que conocemos.

Una vez que tenemos identificado el gen de interés, hay que meterlo a las células vegetales, y para esto utilizamos dos sistemas: uno es un sistema natural, se mete la bacteria y ella hace el trabajo de introducirlo a la planta, es el más utilizado en la actualidad, el sistema de *Agrobacterium tumefaciens*. El otro método es por introducción directa a células vegetales usando el sistema de bombardeo con micropartículas u otro método físico.

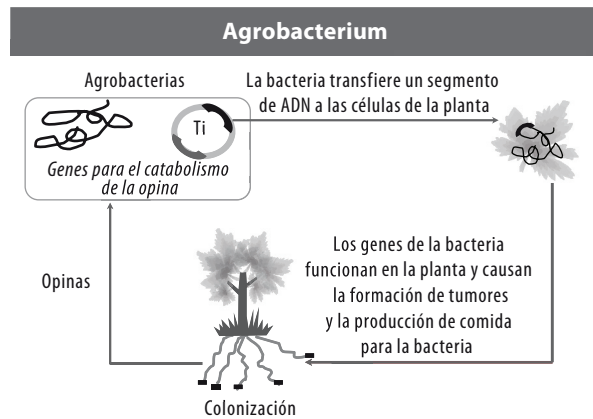
¿Dónde se origina toda esta tecnología?

A finales del siglo XIX se empieza a estudiar una enfermedad de los árboles frutales en los Estados Unidos y en Australia. Esta enfermedad ocasionaba tumores en la base del árbol, lo que empezó a causar problemas en la producción frutícola de los Estados Unidos, tanto así que se determinó que era el principal enemigo de la producción de frutas en ese país.

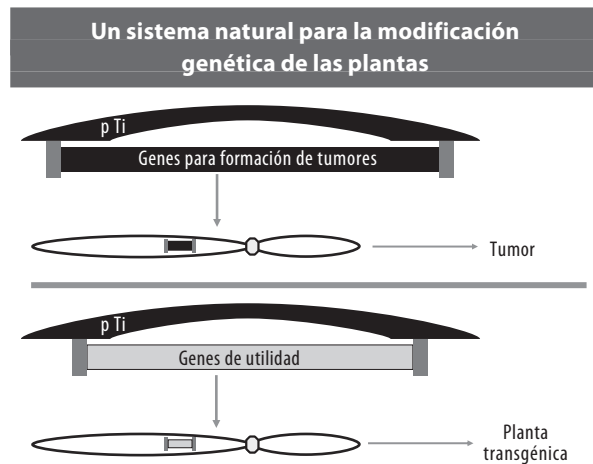
En 1907 se identifica la causa de esta formación de tumores: la bacteria *Agrobacterium tumefaciens*.

Durante más de 50 años se estudió esta bacteria y los daños que causaba en la planta. Se encontró que la bacteria transfería genes a las células de la planta, lo que las hacía crecer de manera descontrolada, y, a su vez, esas células le producían comida a la bacteria.

Entonces uno podría decir que *Agrobacterium tumefaciens* es uno de los primeros ingenieros genéticos de la naturaleza, porque si definimos la biotecnología como el uso de los organismos vivos para la producción de bienes o servicios, esta bacteria modifica genéticamente a las células de la planta para que le produzcan comida. Lo podemos considerar como ingeniería genética y de aquí surge la idea: si la bacteria puede modificar a las células de la planta para hacer lo que ella quiere, ¿por qué no utilizamos esta bacteria para que haga lo que nosotros queremos y no lo que ella quiera? Así, en lugar de causar una enfermedad, podemos modificar las células vegetales para



que adquieran una nueva característica que pudiera ser importante para la agricultura, la industria o la medicina. Lo que se hace es modificar el sistema de la bacteria para que en lugar de que transfiera la información hereditaria para formar tumores, transfiera genes de utilidad.



Con esta idea se empieza a trabajar para ver si es posible modificar de una manera controlada las células vegetales, con la finalidad de producir plantas con nuevas características.

La idea central es modificar una célula vegetal. De las células que tienen una nueva característica se obtienen plantas, que son generalmente normales, no tienen ninguna alteración, pero las hijas de estas plantas mantienen la nueva característica que se les haya introducido. En 1984 ya se reportan las primeras plantas

transgénicas que heredan estos genes de manera estable a sus hijas.

A diferencia de los métodos convencionales de mejoramiento que se hacen por medio de cruza, sin tener una idea exacta de cuál es el gen o los genes responsables de la característica que se busca, en este caso primero se estudia el gen que interesa y, en lugar de estar haciendo cruza, se mete el gen a la planta de interés y se tiene una nueva planta pero con un gen más. Con las cruza hay mezcla de 50 por ciento de los genes del padre y 50 por ciento de los de la madre y, por lo tanto, los ciclos de mejoramiento genético son muy largos.

¿Dónde se desarrolló esta tecnología?

La mayoría de las aportaciones clave para el desarrollo de la tecnología se hicieron en universidades europeas: en Bélgica, Holanda, Francia y Alemania.

La primer patente para la producción de plantas transgénicas fue sometida por la Universidad Estatal de Gante y por Monsanto, tanto en los Estados Unidos como en Europa.

En esa patente se llevó un litigio de 20 años, pero Monsanto invirtió más de veinticinco millones de dólares para que predominara la de ellos. Por ahí dicen que yo tengo intereses de apoyar esta tecnología porque gano mucho dinero. Desafortunadamente tengo que confesar que no gano nada de dinero con esta patente porque en realidad Monsanto se quedó con ella y no nosotros, porque ellos tuvieron los recursos para llevar los litigios y la Universidad de Gante no tenía tantos millones de dólares.

Después Monsanto se dedicó a adquirir patentes de varias universidades, incluida la Universidad de Gante, y compró empresas pequeñas que tenían tecnología que les interesaba, y de manera conjunta todas las herramientas para empezar a dominar el mercado de los organismos transgénicos. Ellos ya trabajaron sobre productos específicos de resistencia a herbicidas, resistencia a insectos, etcétera.

Hay otra tecnología, la tecnología Terminator, que también se ha mencionado que es una cosa terrible. Esta tecnología no fue desarrollada por Monsanto

sino por el Departamento de Agricultura de los Estados Unidos para prevenir la transferencia de polen, y Monsanto la quería utilizar para proteger sus híbridos.

¿Cómo es el proceso para llevar un evento transgénico?

A cada línea transgénica que llega al mercado se le llama "evento". ¿Qué es un evento? Primero se producen alrededor de doscientas a trescientas líneas transgénicas que llevan el gen que nos interesa. De esas líneas se seleccionan aquellas que tienen el fenotipo que se busca: se seleccionan las cincuenta líneas que tienen una mejor actividad con respecto a lo que buscamos.

Después esas líneas se analizan en el invernadero para ver que no tengan defectos, es decir, que crezcan normalmente, que produzcan semillas normalmente, que las hojas sean idénticas a las originales, que las raíces, los tallos, el tiempo de floración sea el mismo, etcétera.

De las líneas evaluadas se seleccionan entre diez y quince que se llevarán a pruebas de campo para ver que efectivamente no haya ocurrido ninguna alteración y que mantengan su productividad en el campo de manera normal, pero se busca que además tengan la resistencia a insectos o la tolerancia a la sequía, el tiempo de floración y la fenología de la planta.

De estas líneas evaluadas en campo se seleccionan dos o tres para hacer otras pruebas de campo en diferentes localidades con climas y condiciones ecológicas distintas para saber que efectivamente, bajo diferentes condiciones, la planta sigue comportándose de manera normal y la característica nueva sigue siendo funcional.

Después, de esas líneas que se evalúan, se selecciona una línea, aquella que se vio que era la mejor para los fines requeridos. Ya que se tiene la línea seleccionada y se ha probado en campo, nuevamente se le hacen análisis, se prueba que no sea alergénica, que no sea tóxica; se realiza toda una serie de pruebas muy exhaustivas a las cuales no están sometidos los productos convencionales, pero que la legislación de todos los países exige.

Para ser aprobados, los cultivos transgénicos tienen que pasar por toda una serie de requerimientos de diferentes agencias que se dedican a vigilar la seguridad de estos organismos. En los Estados Unidos, la seguridad de la salud humana está a cargo de la Administración de Drogas y Comida (FDA, por sus siglas en inglés), el segmento agrícola queda a cargo del Departamento de Agricultura, y el ambiente lo vigila la Agencia de Protección al Medio Ambiente.

En México tenemos sus equivalentes: la Secretaría de Salud debe aprobar el consumo humano una vez que se demuestre que el cultivo no causa ningún problema a la salud; la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (Sagarpa) debe vigilar que no cause ningún problema a la agricultura nacional; la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (Semarnat) debe evaluar el posible impacto al medio ambiente y a la biodiversidad. Además contamos con una agencia adicional, la Comisión Intersecretarial de Bioseguridad de los Organismos Genéticamente Modificados (Cibiogem), que no existe en los Estados Unidos y que cuenta con un estatus superior, dado que es una comisión intersecretarial que debe coordinar que todas las agencias participen de manera adecuada en la evaluación de los organismos transgénicos.

El costo total de este proceso es de alrededor de cinco a diez millones de dólares, sin tomar en cuenta el costo de la investigación previa.

¿Para qué sirven las plantas transgénicas?

Reducen la aplicación de insecticidas químicos, permiten el manejo integral de plagas; disminuyen los costos de producción ya que evitan pérdidas de hasta 0.6 toneladas por hectárea; incrementan la producción hasta en 7 por ciento; evitan la contaminación por aflatoxinas y son inofensivas para la salud humana.

Hay plantas transgénicas con resistencia a plagas, resistencia a enfermedades virales, resistencia a enfermedades causadas por hongos, resistencia a herbicidas, mayor eficiencia en la utilización de fertilizantes, tolerancia al frío, tolerancia a la salinidad, tolerancia a la sequía.

Existe gran diversidad de opiniones al hablar del maíz transgénico que crece en México. Este maíz proviene de una bacteria que se llama *Bacillus thuringiensis* (Bt) que se utiliza como bioinsecticida en la agricultura y es el insecticida favorito de los productores orgánicos, porque no es un químico, es un producto biodegradable, es totalmente inocuo para humanos y ya tiene muchísimos años en uso. Cuando un insecto se come esta bacteria, el bioinsecticida se le pega en el intestino y le causa desarreglos que le impiden seguir comiendo, entonces el insecto muere. De aquí la idea de que si se debe aplicar el insecticida que lleva la bacteria entera, por qué no mejor producimos el insecticida en la planta y nos ahorramos la producción de la bacteria.

Plantas transgénicas hay de muchos tipos: de soya, de algodón, de maíz, de tomate, entre otras, que expresan diferentes versiones de este bioinsecticida que es específico para ciertos tipos de insectos, a diferencia de los insecticidas químicos que matan todo, incluyendo humanos. Estos bioinsecticidas matan sólo a ciertos grupos de insectos. Ha funcionado de manera espectacular: en un campo de maíz al que se le aplicó insecticida químico se puede ver que los gusanos barrenadores hacen que la planta se seque; en cambio aquellas que producen bioinsecticida no son devastadas ya que los insectos atacantes mueren, lo que deriva en una producción con implicaciones adicionales, en el sentido de que la disminución en la incidencia de ataques por los insectos reduce la acumulación de toxinas, como son las aflatoxinas, que tienen un efecto carcinogénico en humanos. Esto es una ventaja adicional que no estaba prevista en el uso del maíz Bt.

Cuando nosotros empezamos a trabajar en esta tecnología estábamos muy orgullosos, pensábamos que era sensacional, sobre todo para los agricultores pequeños, porque la tecnología estaba empaquetada en la semilla y no tendríamos que estar haciendo uso de insumos adicionales.

Sin embargo, hace alrededor de 25 años empezó la controversia sobre estos trabajos, de si son buenos o malos. No voy a entrar en detalle de por qué surgió, dónde surgió, porque hay muchas versiones de cómo surgió y para qué. Lo que se plantea es que

puede haber daños para la salud humana, al medio ambiente y a la biodiversidad.

En cuanto a los riesgos de la salud, lo que les comentaba es que se hacen pruebas muy extensivas, por ejemplo, en el caso del *Bt* se hacen experimentos de alimentación con ratones, conejos, puercos, etcétera, las cantidades que se les dan equivaldrían a que un humano comiera, por ejemplo, de tres a cuatro toneladas de tomates transgénicos que tienen el *Bt*, y si no les pasa nada a estos animales se considera que no tiene un efecto en humanos. Además se aplica la política de caso por caso y paso por paso, como lo establece la Ley de Bioseguridad de Organismos Genéticamente Modificados; es decir, que no se aprueban los maíces o los tomates o la soya o el algodón transgénicos en general, sino que se prueba cada uno de los eventos transformados que se quieran comercializar.

La posición de la Organización Mundial de la Salud con respecto a los transgénicos

Lo que dice la Organización Mundial de la Salud es que con la información disponible hasta 2008, se puede concluir que el riesgo de las plantas genéticamente modificadas o transgénicas es similar al de los productos convencionales, no encuentran una diferencia. Tampoco se puede decir que son 100 por ciento inocuos, porque, por ejemplo, el cacahuate, el kiwi, los camarones, el huevo, entre otros, causan alergias; los transgénicos son tanto o menos peligrosos que los productos convencionales. Hasta donde yo sé, no existe ningún reporte científicamente documentado que diga que las plantas genéticamente modificadas causan un daño a la salud.

¿Qué pasa si no utilizamos las plantas que producen *Bacillus thuringiensis*?

Tenemos que utilizar insecticidas químicos. No se trata nada más de decir no lo uso y no hago nada. Si no lo uso, tengo que aplicar una tecnología alternativa y la pregunta es si la alternativa de aventar insecticidas desde avionetas va a causar menos daño a la salud, menos daño al medio ambiente y menos daño a la biodiversidad. Puedo decir con toda certeza que causa muchísimos más daños. Las plantas *Bt* sólo van a afectar a aquellos insectos que se las comen y que además

sean susceptibles al bioinsecticida, pero hay muchos otros insectos en los cuales éste no tiene efectividad.

¿La inserción de genes de plantas transgénicas puede tener un efecto distinto a lo que ocurre normalmente en la naturaleza?

Las plantas no son estáticas en los genomas; la información hereditaria de los organismos vivos está en continuo cambio. Es claro que no hay una diferencia si metemos un transgénico a una planta comparado con lo que ocurre, por ejemplo, por las mutaciones causadas por compuestos químicos o por la radiación solar que nos causa mutaciones y a la cual todos los organismos estamos constantemente expuestos. Hay aberraciones en los procesos naturales de recombinación, es decir, cada vez que hay una cruce ocurren eventos de recombinación y no todos son perfectos, eso causa *rearreglos* en los genomas de los organismos. De repente hay genes en diferentes compartimientos de las células vegetales, se mueven del cloroplasto y de la mitocondria al núcleo y hay inserciones que pueden causar también el movimiento y amplificación de los transposones.

¿Pueden causar mutaciones?

Es decir, ¿al producir una planta transgénica se puede producir trasmutación? La respuesta es sí, seguro. ¿Es distinto a lo que ocurre de manera natural? En mi concepto, no. Lo mismo sucede con el movimiento de transposones. Los transposones son segmentos de información hereditaria que brincan de un lado a otro, están en continuo movimiento. Por ejemplo, en el caso del maíz, 70 por ciento del genoma del maíz lo constituyen estos elementos que se están moviendo.

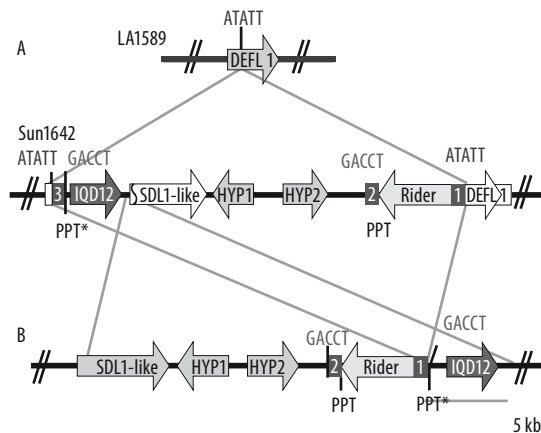
De repente dicen que los transgénicos causan mutaciones en las plantas y ponen monstruos. Hay casos de mutaciones químicas causadas por agentes químicos, como algunos tomates, que son ejemplo de mutagénesis química, pero no son transgénicos. Los mismos tipos de problemas que nos encontramos con la mutagénesis se pueden presentar en plantas transgénicas a causa de la inserción de transgenes.

Cuando brincan los transposones, si caen en medio de un gen lo inactivan, porque lo parten en dos. También

pueden activar la expresión de genes, es decir, pueden activar características en lugares donde no debían, porque los transposones llevan elementos que activan la función de los genes. Este movimiento continuo está activando y desactivando genes y es, probablemente, uno de los procesos más importantes de la evolución de los organismos. Además pueden mover genes de un lado a otro, si caen cerca de un gen y luego brincan se pueden llevar ese gen a otro lado totalmente distinto; pueden, además, crear genes nuevos, porque si se llevan un pedazo de gen y lo insertan en otro se produce otra proteína nueva, con una función nueva.

Aquí hay unos ejemplos de lo que sucede con el movimiento de los transposones. Por ejemplo, las diferentes formas del fruto del tomate son generadas porque hay transposones que han modificado la expresión de genes maestros que determinan la forma de este fruto. En un trabajo hermosísimo que ha hecho un grupo de personas en los Estados Unidos y en Europa se ha demostrado que todas estas formas se deben a que ha habido transposones que alteran la expresión de genes que controlan la forma del fruto.

Movimiento de transposones



Podemos ver, en algunos maíces, cómo brincan los transposones, y brincan con una alta frecuencia. Los cambios en el color de la semilla se deben a que los transposones están entrando o saliendo de los genes que le dan color; no son eventos raros, son eventos muy comunes que suceden con una

frecuencia elevada, pero que generalmente no tienen una consecuencia tan grave como para eliminar a la planta; sin embargo, los agricultores o los mejoradores las eliminan.

Mutaciones en maíz causadas por la inserción de transposones

- ❖ Las hojas que están arrugadas son la prueba de un transposón que cayó en un gen que tiene que ver con la forma de la hoja.
- ❖ Cuando la planta está siendo infectada por un virus o por un hongo genera una zona de muerte para que no pueda progresar el hongo, ya no se puede alimentar de las células, entonces, ya no puede infectar a la planta y causar una enfermedad.
- ❖ Existen los mutantes “naturales”, cuya causa es la inserción de un transposón, la respuesta de ataque de patógenos está fuera de control y entonces empieza a matar a todas sus células, de manera espontánea, sin que haya un agente que las invada.

Una cosa importante es que el futuro de las plantas transgénicas va a incidir en la diversidad biológica del maíz: crecientemente se va a hacer más uso de los genes del maíz para producir plantas cisgénicas de maíz y en eso México tiene una ventaja competitiva muy importante.

Algunos puntos para terminar

¿Se está creando un monopolio en la producción y venta de semillas genéticamente modificadas?

Sí, hay pocas empresas multinacionales que están dominando la producción de semillas transgénicas, en gran parte ayudadas por las crecientes restricciones y el costo de poder aprobar un producto en el ámbito comercial. Si se tiene que gastar diez millones de dólares para lograr la aprobación de un producto y no hay una institución nacional en México ni en los Estados Unidos ni en Europa que pueda cubrir ese costo, la mayoría de la gente licenciará su tecnología para que alguien la comercialice.

Sin embargo, las empresas multinacionales no van a atender las necesidades de los pequeños productores, no es su mercado, y por lo tanto tenemos que hacer nuestros propios programas de investigación

para abordar esos problemas, cosa que no se ha discutido con mucho detalle. Por medio de la Cámara de Diputados deberíamos asegurar que la investigación que se hace en México realmente esté enfocada a tratar de resolver esos problemas.

Sabemos que los transgénicos no van a resolver el problema del hambre en el mundo, tampoco una sola tecnología la va a resolver, pero sí puede ayudar, junto con los programas de mejoramiento genético tradicional, porque esta tecnología no está en contra de los programas de mejoramiento tradicional, sino que es una herramienta más para estos programas.

Tenemos que tomar decisiones sobre esta nueva tecnología. La controversia en términos científicos, técnicos –yo aquí no me meto en las cuestiones sociales, ni económicas, ni políticas, ni ideológicas– de las plantas transgénicas es insignificante comparada con lo que se viene de la biología sintética. Una de las aplicaciones de la biología sintética es crear organismos

totalmente nuevos y eso se está discutiendo en los Estados Unidos y Europa. ¿Qué vamos a hacer para legislar sobre organismos que no existían en la naturaleza? No es que tengan un gen más o un gen menos como los transgénicos, sino que tengan un genoma completamente nuevo.

La desinformación es un problema muy importante. Pongo el ejemplo de un investigador que me mandó un correo electrónico en el que me decía que le disculpara el atrevimiento para consultarme porque le dijeron, investigadores de su misma institución, que el maíz transgénico tiene relación con la hidrocefalia congénita. ¡Caramba! De dónde sacaron esa información y cómo se puede aseverar de tal manera hasta para confundir a la comunidad científica.

Llevamos 27 años discutiendo sobre organismos genéticamente modificados. Yo creo que ya es tiempo de que tomemos decisiones.

Importancia de la conservación del germoplasma y la estrategia mexicana para la conservación vegetal

Dr. José Sarukhán Kérmez*

La biotecnología tiene una enorme gama de aplicaciones en nuestro país, más allá de solamente producir plantas o animales transgénicos; por ejemplo, hay aplicaciones que tienen que ver con remediación ecológica. Sin embargo, el uso de esta tecnología, como el de cualquier tecnología nueva, tiene que hacerse con cuidado.

El sector ambiental entiende que la biotecnología moderna puede, potencialmente, agregar valor a la biodiversidad; sin embargo, su uso debe ser responsable y seguro: lo que denominamos bioseguridad.

La especie de la cual hay el mayor número de eventos reportados, es decir, de productos transgénicos, es, con mucho, el maíz. Y lo es por varias razones: primero, porque tiene una importancia económica como base de alimento, pero segundo, porque el maíz es una fábrica, realmente una fábrica, una planta extremadamente eficiente para producir biomasa y, consecuentemente, mucho muy atractivo para una serie de aplicaciones. Por eso en los Estados Unidos el maíz se ha utilizado de manera muy amplia en cuestiones de ingeniería genética, quizá al final puedo comentar alguna de ellas que no son particularmente gratas. En contraste, otros cultivos como el trigo, por ejemplo, que es un alimento para la sociedad estadounidense y la europea, tiene solamente ocho constructos. Esto seguramente también tiene que ver con la capacidad metabólica del trigo comparada con la del maíz, pero también, probablemente, tiene que ver con cuestiones de otra índole, social y cultural, que no podemos olvidar.

Desde 1988, que se empezaron a hacer solicitudes en México de introducción de algunos de estos organismos genéticamente modificados, hay 21 diferentes

Estado actual de los organismos vivos modificados en el mundo

Nombre común	Organismo	Número de eventos reportados*
Alfalfa	<i>Medicago sativa</i> L.	2
Algodón	<i>Gossypium hirsutum</i> L.	21
Arroz	<i>Oryza sativa</i> L.	9
Betabel	<i>Beta vulgaris</i> L.	3
Calabaza	<i>Cucurbita pepo</i> L.	2
Canola	<i>Brassica napus</i> L. y <i>Brassica rapa</i> L.	28
Chicoria	<i>Cichorium intybus</i> L.	3
Ciruela	<i>Prunus domestica</i> L.	1
Clavel	<i>Dianthus caryophyllus</i> L.	11
Lenteja	<i>Lens culinaris</i> L.	1
Lino	<i>Linum usitatissimum</i> L.	1
Maíz	<i>Zea mays</i> L.	56
Melón	<i>Cucumis melo</i> L.	2
Papa	<i>Solanum tuberosum</i> L.	20
Papaya	<i>Carica papaya</i> L.	3
Pasto	<i>Agrostis stolonifera</i> L.	1
Soya	<i>Glycine max</i> (L.) Merr	12
Tabaco	<i>Nicotiana tabacum</i> L.	2
Tomate	<i>Lycopersicon esculentum</i> Mill.	8
Trigo	<i>Triticum aestivum</i> L.	8
Girasol	<i>Helianthus agnus</i> L.	1
Total	22 especies	195

* Aceptados en al menos un país. Número de registros en la base de datos AGBIOS (2009).

especies. Desde luego no en todas hay familiares silvestres cercanos de estas plantas, por ejemplo en la piña hay solamente variedades cultivadas, no silvestres, lo mismo en el cártamo, lo mismo en la soya; la soya no es nativa de México, de manera que ahí no hay problema de relación con los familiares silvestres. ¿Cuáles son los familiares silvestres? En el caso del frijol, por ejemplo, todas las especies silvestres que tenemos en México. Casi cada barranca de la Sierra Madre Occidental tiene una especie de frijol distinta que se ha aislado. No todas son útiles, no todas se

* Coordinador de la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (Conabio), Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales.

Eventos solicitados en México desde 1988 hasta 2010

Organismo	Nombre común	Eventos	Número de parientes silvestres en México (especies)
<i>Ananas comosus</i> (L.) Merr.	Piña	1	Sólo se presentan variedades cultivadas
<i>Arabidopsis thaliana</i> (L.) Heynh.	Arabidopsis	1	0
<i>Brassica napus</i> L.	Canola	1	14
<i>Capsicum annuum</i> L.	Chile	1	4
<i>Carica papaya</i> L.	Papaya	1	2
<i>Carthamus tinctorius</i> L. cv Centennial	Cártamo	1	Sólo se presentan variedades cultivadas
<i>Citrus limon</i> (L.) Burm. f.	Limón	1	1
<i>Cucumis melo</i> L.	Melón	1	2
<i>Cucurbita pepo</i> L.	Calabacita	2	11
<i>Dianthus caryophyllus</i> L.	Clavel	1	2
<i>Glycine max</i> (L.) Merr.	Soya	7	Sólo se presentan variedades cultivadas
<i>Gossypium hirsutum</i> L.	Algodón	18	13
<i>Linum usitatissimum</i> L.	Lino	1	20
<i>Lycopersicon esculentum</i> Mill.	Jitomate	2	1
<i>Medicago sativa</i> L.	Alfalfa	3	2
<i>Musa acuminata</i> Colla	Plátano	1	Sólo se presentan variedades cultivadas
<i>Nicotiana tabacum</i> L.	Tabaco	1	20
<i>Oryza sativa</i> L.	Arroz	1	Sólo se presentan variedades cultivadas
<i>Solanum tuberosum</i> L.	Papa	1	29
<i>Triticum aestivum</i> L.	Trigo	1	Sólo se presentan variedades cultivadas
<i>Zea mays</i> L.	Maíz	7	5

Información obtenida del Sistema de Información de Organismos Vivos Modificados (SIOVM) de Conabio.

han domesticado, pero son especies con las cuales las especies domesticadas sí se pueden retrocruzar.

Desde luego, la especie más importante en ese sentido es el maíz, que tiene una buena cantidad de parientes silvestres cercanos, el teocintle y un poco más el *tripsacum*.

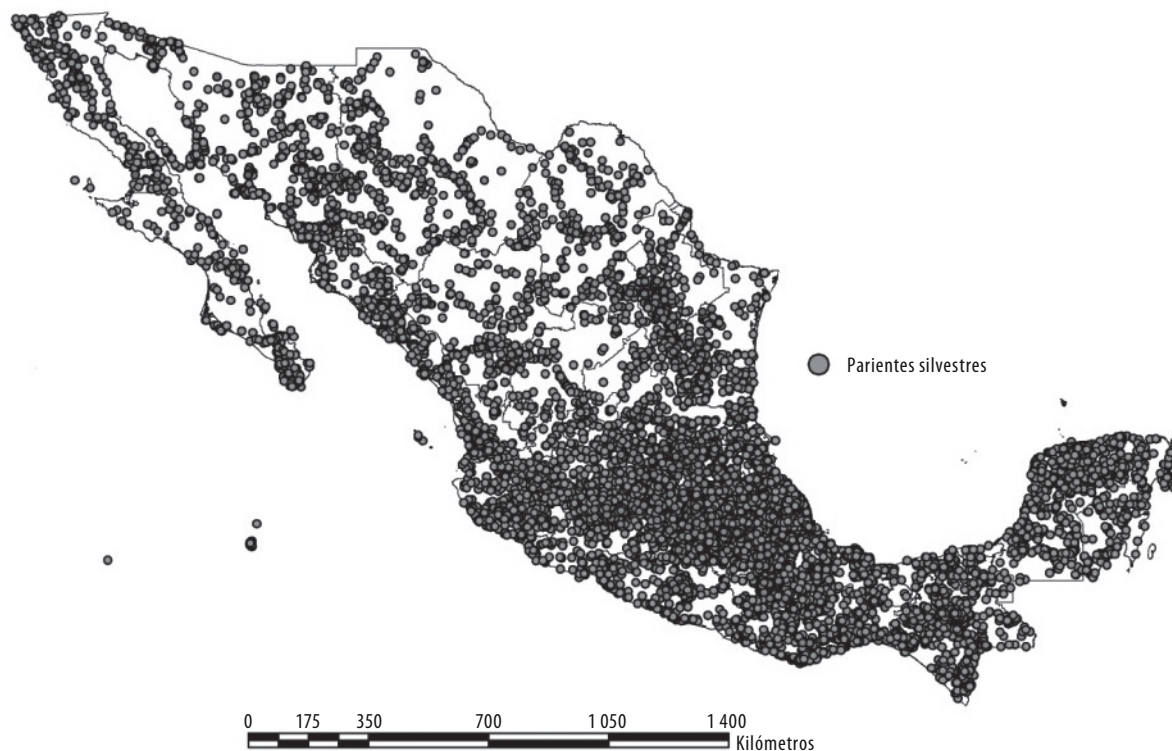
Las autorizaciones de liberación de organismos genéticamente modificados que la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (Conabio), mediante su opinión a la Sagarpa, ha otorgado desde 1988 hasta 2006 son en total 1 116.

En el siguiente mapa se da cuenta de los registros de parientes silvestres de los cultivos genéticamente modificados liberados en México y, como se puede apreciar,

son una mancha muy grande en el país, están por casi todo México, con excepción de algunas zonas particularmente áridas.

México es un centro de origen de plantas cultivadas, y lo es por dos razones muy importantes: primero, porque hay una diversidad biológica muy grande –ya es hasta elemento de conocimiento común que México es un país biodiverso o megadiverso–, y segundo, por la diversidad cultural de nuestro país, que es la que ha generado esa enorme variedad de plantas cultivadas en el territorio, y que también ha mantenido la diversidad genética en el maíz. En México tenemos alrededor de 50 –algunos dicen 48, otros dicen 52– diversas razas de maíz, razas nativas, no criollas, que son el producto de la interacción de grupos nativos, étnicamente diferenciados, que se da constantemente. Esto

Registro de los parientes silvestres de los cultivos genéticamente modificados liberados en México



no es una cuestión que ya se hizo y ahí está, es un proceso permanente de diversificación que está ocurriendo hoy, a esta hora, en algunos lugares del país.

Una de las cosas que yo creo que nos debiera quedar muy clara, es que no podemos comprender esa agrobiodiversidad –es decir, la diversidad biológica que está en los sistemas agrícolas, que es absolutamente esencial para el mantenimiento de cultivos estables, no susceptibles de daños, no endebles– si no la conocemos, y tampoco podremos entender la relación con los procesos sociales y culturales que están alrededor de esto. Yo puedo entender el punto de Luis Herrera cuando dice: “Yo me dedico a ver nada más los aspectos científicos”, lo cual está muy bien, pero resulta que la agricultura es un proceso social, cultural y económico, no podemos separarlo. Hay aspectos científicos que tenemos que tomar en cuenta, que son absolutamente centrales, pero no lo podemos hacer sin considerar el contexto social, económico y

cultural, porque es la gente quien produce esto. No se hace en máquinas, no lo metemos a un aparato grande y apretamos un botón y por el otro lado salen los productos de las plantas cultivadas. Es todo un proceso que yo creo que es muy importante.

Siempre hemos dicho que México es una nación de maíz, o el país de maíz, o sin maíz no hay país, y todo eso que se dice en todos lados; sin embargo, debemos darnos cuenta de que hay otro país que está hecho de maíz, incluso más que nosotros, los Estados Unidos.

En los Estados Unidos las personas tienen en su cuerpo mucho más moléculas derivadas del maíz de las que tenemos los mexicanos. ¿Por qué? Porque usan el maíz para cincuenta mil cosas distintas. La agroindustria alrededor del maíz en los Estados Unidos es brutal, muchísimo mayor de la que tenemos en México, y se producen docenas o centenas –no lo sé– de productos que son utilizados en la industria

alimentaria, como grasas y azúcares, entonces la gente acaba siendo más de maíz de lo que somos en México –lo cual es otro mito que a lo mejor valdría la pena que nos quitemos de la cabeza.

Pero no hay duda de que esto ha jugado un papel muy importante en la historia nacional de México, y los personajes más importantes de este proceso han sido las mujeres. Ellas eran las que tenían que atender las milpas, las que tenían que escoger qué mazorcas, qué semillas eran las que iban bien, separarlas, probarlas otra vez, experimentar, volver a tomar esa semilla y ese proceso ha durado miles de años. Tenemos ahora cincuenta y tantas variedades nativas de maíz, que son el producto de este conocimiento íntimo entre la gente y su recurso. Lo mismo podemos decir del frijol, de la calabaza, del jitomate.

La mayor parte de las plantas que ahora comemos como cultivos eran malezas de la milpa: el jitomate y el frijol eran maleza de la milpa –o lo que ahora entendemos por maleza de la milpa. Pero, ¿qué pasó? Que la gente iba viendo, seleccionando y así generando los cultivares que tenemos. Ése es un proceso extremadamente importante que yo quiero que mantengamos en la mente, porque es uno de los procesos que estamos perdiendo, y si lo perdemos, estamos perdiendo una riqueza brutal de conocimiento y también de material genético.

También tenemos las plantas medicinales, que es otro campo; no lo abordaré, pero sí debo decir que la farmacopea mexicana es, junto con la china y la india, una de las más ricas del mundo.

Como resultado del *ruido* alrededor del maíz hubo una queja en la Comisión de Cooperación Ambiental (CCA) del Tratado de Libre Comercio de América del Norte (TLCAN), y por ello se estableció un comité que hizo un estudio.

Quiero tocar esto porque creo que es importante y tiene que ver con algunos de los puntos que, en gran coincidencia, Luis Herrera mencionó.

El Comité se formó por un grupo de quince personas –científicos, filósofos, economistas– de Canadá, los Estados Unidos y México, que yo tuve la oportunidad

de coordinar entre 1983 y 1985. Hicimos una gran cantidad de consultas, de estudios; pedimos información a especialistas en el campo, para indagar si realmente había la presencia de constructos transgénicos en Oaxaca, cosa que se demostró, pero también sobre los efectos que tenía esto en una serie de elementos.

Nos enfocamos en dos grandes temas: lo que podríamos llamar los aspectos científicos, que tenían que ver con el flujo génico, es decir, con el movimiento de genes de los constructos en los sitios en donde se había dicho que había maíz transgénico, y los efectos en el ambiente y en la salud; y el otro fue un grupo de consideraciones socioeconómicas y culturales, porque los quince llegamos a la conclusión de que no podíamos ignorar ese componente del análisis. No estábamos hablando de tuercas o de chips o de tapas de escusado; estábamos hablando de alimento producido por gente para gente. Consecuentemente teníamos que incluir este elemento.

Las conclusiones del estudio en cuanto a flujo génico eran: primero, que sí, que este flujo génico ocurre permanentemente y es la fuente de variabilidad de las razas nativas, no nos asustemos; y segundo, que ocurre en todas las direcciones entre las razas nativas, los híbridos modernos y los familiares silvestres. Afortunadamente, porque esto es lo que da la enorme variabilidad genética de estas plantas, o de cualquier otra, pero en este caso, del maíz. Concluimos también que las tasas de introgresión que se encontraron en ese momento eran muy bajas.

En lo que se refiere a efectos en el ambiente y la salud, no teníamos en la literatura ninguna evidencia de que esos constructos transgénicos de los que se estaba hablando, tuvieran efectos nocivos sobre la salud y el medio ambiente, en las plantas o las otras especies que estaban en las milpas.

En cuanto a los aspectos socioeconómicos y culturales, la primera cosa que nos resultó obvia es que había, y yo creo que sigue habiendo, una gran desinformación en el país sobre organismos genéticamente modificados (OGM). La consulta pública que se hizo como parte de ese estudio sólo reflejó, por la cantidad de gente que fue y por la cantidad de preguntas que se hicieron –casi no nos dejaban ni siquiera dar el reporte–, que la

gente no estaba informada de qué diablos se trataban estas cosas. Y yo creo que esto es una obligación que hay que cumplir adecuadamente con la gente. Qué bueno que estamos aquí ahora, pero aquí hay 200 personas o 300; necesitamos hacer esto para una gran cantidad de gente en el país, no solamente campesinos, sino también para la gente de la calle.

Otra conclusión de este grupo fue que los campesinos debían recibir apoyos para poder mantener, de manera certificada, las razas nativas; pero no como museos, sino como procesos. Es decir, como gente que está dedicada a eso y que tiene un pago para poder mantener sus productos, no en una hectárea, sino en tanto terreno como se juzgue conveniente. Eso no ha ocurrido. También concluimos que era necesario estimular los mercados adecuados para esas razas nativas que no tienen el valor de algunos de los híbridos, de tal manera que sea económicamente atractivo mantenerlas y que no viva la gente de subsidios. Es decir, generar lo que uno puede llamar "productos gourmet", si quieren, lo cual ha empezado, aunque muy débilmente, a darse.

Aunque los actuales organismos genéticamente modificados no parecen representar amenazas al ambiente o la salud humana, algunas cuestiones científicas, claras objeciones públicas y acuerdos internacionales motivaron recomendar la limitación de OGM fértiles en el campo mexicano, hasta que el país tenga políticas claras y un marco regulatorio inequívoco, así como los medios para implementar ambos.

La legislación no está completamente bien hecha; tenemos muy pocos recursos. La Comisión Intersecretarial de Bioseguridad de los Organismos Genéticamente Modificados (Cibiogem) está en la inopia total en cuanto a recursos para poder impulsar estas cosas y yo creo que la Cámara de Diputados debería darse cuenta de ello. La Cibiogem no puede cumplir su función con el dinero y la gente que tiene. No se trata de hacer un enorme cuerpo, se trata de darle recursos y capacidad para que las instituciones universitarias de investigación en el país hagan el trabajo y generen la información necesaria.

Yo tengo mis propias conclusiones de todo esto, y me voy a atrever a plantearlas porque pienso que pueden ser interesantes para discutir.

Creo que el primer problema en cuanto a seguridad alimentaria, para el mundo y para México, es la conservación de los ecosistemas y sus servicios. Un campo agrícola es un ecosistema y tiene un servicio muy importante: proporcionar alimento. Y para hacerlo necesitamos saber cómo vamos a alcanzar una agricultura sustentable de aquí a mediados de este siglo, cuando tendremos que haber duplicado la producción de alimentos para los 135 o 138 millones de mexicanos que van a existir en ese momento. Eso no lo estamos discutiendo.

Sabemos que ninguna tecnología agrícola por sí sola será la respuesta a los problemas de producción alimentaria. Ni la agricultura tradicional ni la agricultura muy tecnificada ni la agricultura a base de transgénicos por sí solas van a ser lo que necesitamos. Algo que no ha ocurrido en México es entender que el país tiene una enorme diversidad ecológica y que necesitamos diversas formas de producción agrícola para cada una de las diferentes regiones, que se comportan y funcionan de manera distinta. No hay tal cosa de que un saco le queda a todo el país. Esto ha sido la respuesta fácil a lo largo de muchos años a muchos de los problemas agrícolas, y es un gran error. Y en ese lugar, los organismos genéticamente modificados, en este caso el maíz transgénico, pueden jugar un papel, pero lo que no pueden hacer es cubrir toda el área del país. Eso es otra cosa que nos tenemos que sacar de la cabeza.

Otro problema es que conocemos muy poco cómo funcionan estos ecosistemas manejados por el hombre. Necesitamos mucho más información de cómo funcionan esos sistemas como ecosistemas, porque son complejos, difíciles, con interacción de muchos tipos; y requerimos, además, métodos adecuados de monitoreo de esos ecosistemas, pero también de los organismos que metemos. Y ahí tenemos también una enorme falla en el país. Prácticamente no monitoreamos nada en México, no importa si son transgénicos, si son niveles de agua, contaminación en los pozos, estamos realmente mal en ese sentido.

Creo también que los OGM tienen que estar diseñados con un propósito muy claro de pertinencia y beneficio social y protección ecológica, y no simplemente tomar lo que ya está, como si lo compráramos, lo

metiéramos en una alacena y a ver cómo funciona. Debemos tener la capacidad con la gente que hay en México, espléndida como la que está sentada en la mesa, de poder realmente hacer este trabajo, porque disponemos del capital humano para hacerlo. No lo estamos aprovechando, ni cercanamente, como lo deberíamos de estar aprovechando.

Los transgénicos *Bt* y *Roundup Ready*, es decir, el que aguanta los herbicidas y el que tiene el insecticida, no dan un kilo más por hectárea de rendimiento; la ventaja que tienen es que si yo uso insecticidas, me ahorro una cantidad importante de dinero en insecticidas, pero si no los uso, no implican ninguna diferencia, no tengo más rendimiento que esto.

Necesitamos OGM que den más rendimiento, que tengan mayores valores nutritivos, entre otros beneficios, para realmente poderlos usar en condiciones de temporal y demás.

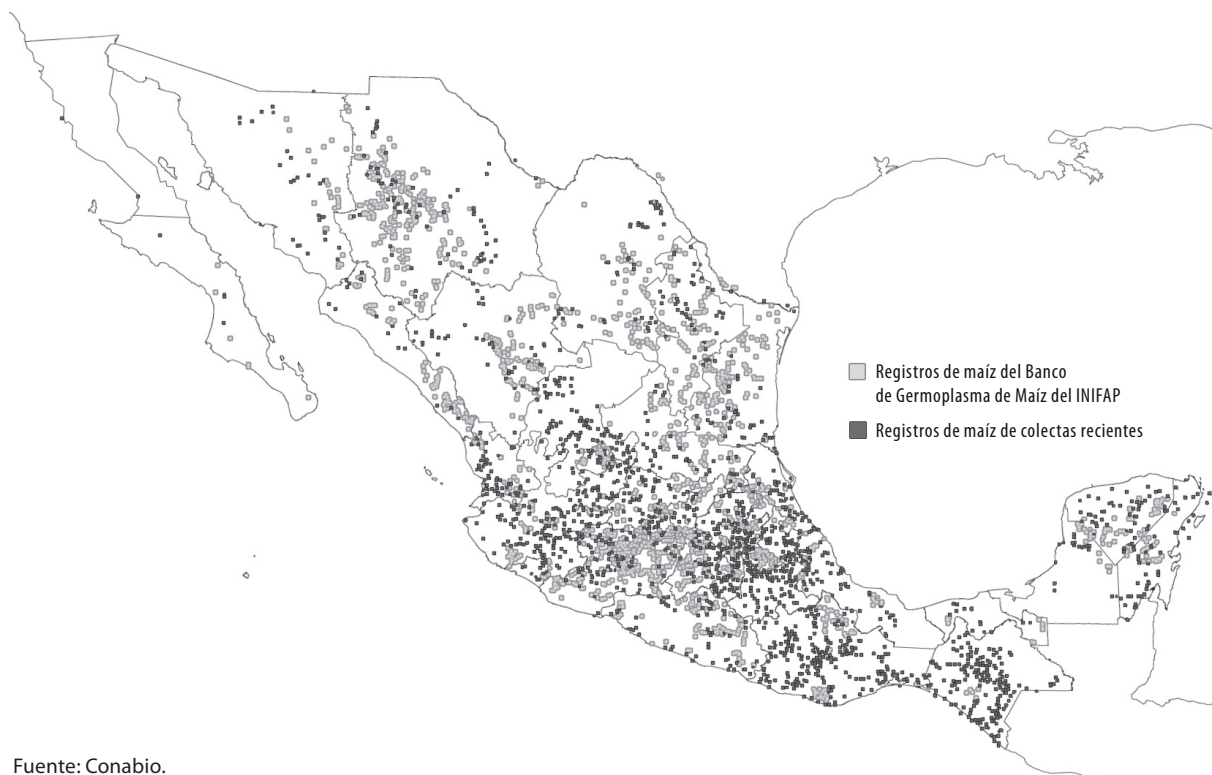
Requerimos inversión pública en investigación agrícola y sus alrededores, algo que no ha ocurrido o se ha abandonado en los últimos 35 años en México y en todo el mundo. En todo el mundo la inversión pública en agricultura ha bajado. Hay estudios que han hecho un análisis del efecto de este abandono y, ¿qué ha pasado? Que todo el conocimiento en este sentido se ha privatizado, porque son las compañías privadas las que tienen la forma de hacer las investigaciones y luego la venden a quien la quiera: gobiernos, individuos, organizaciones, lo que sea. Yo creo que esto tiene que cambiar, es uno de los problemas de metabolismo basal del país que tiene que modificarse en serio, para poder hacer estas cosas mejor en el futuro y tener la capacidad de evaluar todas las opciones tecnológicas, costos-beneficios económicos, ecológicos y sociales.

También necesitamos cambiar los incentivos actuales en la agricultura que, en general, han estado gene-



Fuente: Recursos fitogenéticos en México para la alimentación y la agricultura, Informe nacional 2006, Sagarpa / Somefi.

Registros de maíz del Banco de Germoplasma



Fuente: Conabio.

rando un beneficio económico a costa de la eficiencia ecológica y de la conservación del ecosistema. Esto también se tiene que modificar, tenemos que encontrar otra manera de ayudar a la gente a que no sobreviva constantemente con subsidios, sino que pase a otros estadios mejores. Pero necesitan investigación para ayudarles a hacerlo mejor y ésta es la parte que no tenemos; requerimos mayor investigación biológica en condiciones locales, subsidios que estimulen prácticas agrícolas sustentables, incentivos a consumidores para darles la capacidad de usar productos de agricultura más sustentable, más ecológica.

Debemos guardar el proceso por el cual la gente está seleccionando permanentemente, probando permanentemente estas semillas, para ir generando nuevas cosas. Es decir, el proceso de generación de razas de maíz nativas no se ha parado, no se detuvo hace 100 años, está presente hoy, y va a continuar en el futuro si hacemos lo necesario para que esto ocurra.

Ahora disponemos de datos sobre las nuevas colectas de variedades de maíz en México (véase mapa), que se habían quedado en los años treinta en este país hecho de maíz. No sabíamos dónde estaban todas las variedades, es decir, teníamos datos de hace 30 años, pero no sabíamos qué había pasado de esos años para acá. Esto es algo que con la Cibiogem, la Semarnat y la Sagarpa, Conabio ha estado impulsando, es un proceso que todavía está en curso; ya salió un libro sobre esto, pero viene una segunda fase.

Creo que el reto central en el caso del maíz –no quiero extenderlo a todos los demás transgénicos– es: ¿la variación genética de las aproximadamente cincuenta variedades nativas de maíz representa un patrimonio invaluable para México? Si la respuesta es no, pues hay una ruta para seguir muy sencilla. Si la respuesta es sí, tenemos que definir claramente qué acciones debiéramos promover como política de Estado y cuáles evitar del todo; y la ruta que hay que

seguir la tenemos que trazar para ver cómo hacemos para mantener lo que ya se ha producido, pero también mantener el proceso por el cual se produce.

Pienso que esta pregunta no nos la hemos hecho, no tenemos una respuesta y por eso andamos un poco a ciegas, y mientras eso no se aclare, no vamos a tener claridad de por dónde ir. Claridad quiere decir, certeza, convencimiento y tranquilidad de conciencia de que estamos haciendo las cosas como deben hacerse.

La respuesta fue sí. ¿Qué vamos a hacer para proteger áreas que albergan diversidad genética conocida, qué acciones debemos promover? –y aquí ya estoy hablando en términos más amplios, no nada más

del maíz, porque el maíz es muy importante, pero, ¿qué pasa con el frijol?, es también nativo de México, igualmente se sacó de aquí, ¿qué, no vale la pena guardarlo?

Necesitamos conocer y entender mejor la diversidad existente; cuáles son las fuerzas que la moldean, cuáles son sus usos actuales y los potenciales. México necesita llevar a cabo una discusión amplia e incluyente respecto al valor intrínseco que la agrobiodiversidad representa: un patrimonio inmenso que ha sido subvalorado y que sí está en riesgo. Es necesario propiciar que se tomen mejores decisiones en relación con su uso y su protección, y los organismos genéticamente modificados son sólo uno de muchos factores que la pudieran afectar.

Legislación nacional e internacional de bioseguridad de organismos genéticamente modificados

Lic. Alejandro Ferro Negrete*

La regulación de bioseguridad de organismos genéticamente modificados (OGM) en el país ha sido verdaderamente reactiva. ¿Por qué reactiva? Por una serie de acontecimientos ocurridos desde mediados o principios de la última década del siglo pasado, con la celebración de tratados internacionales como la Convención de Río de Janeiro “Cumbre de la Tierra” en 1992 y el Convenio sobre la Diversidad Biológica, posteriormente Protocolo de Cartagena sobre la Seguridad de la Biotecnología, así como la identificación de maíz transgénico en Oaxaca y en Puebla, lo que propició la participación activa de muchos actores preocupados, particularmente, por los riesgos que conlleva la biotecnología para el medio ambiente, para la biodiversidad, en el aspecto sociocultural. En ese sentido, la legislación sobre bioseguridad responde, por un lado, a esta preocupación de control de posibles riesgos, pero también a la posibilidad de utilizar la biotecnología moderna, o las técnicas de biotecnología moderna, en la elaboración de productos con un valor agregado.

La temática social vinculada a la bioseguridad de organismos genéticamente modificados

Antes de ver cuáles son las leyes que inciden de manera directa e indirecta en este tema, es importante centrarnos en que la bioseguridad no solamente es un tema ambiental, tampoco es un tema exclusivo de salud humana; la bioseguridad nos acerca al comercio internacional, en virtud de que toda esta tecnología se está generando en los países que tienen una producción tecnológica de punta. Muchos países han aplicado esta tecnología en productos que están en el mercado internacional.

La diversidad biológica es relevante para efectos sobre todo internacionales, en términos del Convenio sobre la Diversidad Biológica, porque es, justamente

ésta, la materia donde se encuentran los recursos más importantes: los genes. En ese aspecto, la diversidad biológica es un bien jurídico tutelado, como se dice en la jerga jurídica, tanto en la órbita nacional como internacional.

Muchos de estos productos son para el consumo humano, o bien se aplican a procesos en donde los recursos naturales tienen una interacción directa o indirecta con el ser humano, razón por la cual la salud pública es uno de los aspectos más importantes a considerar en la evaluación de la seguridad de este tipo de productos.

Otro elemento destacado es la información. Mis antecesores han tocado la desinformación que existe en el tema. Para una toma de decisiones adecuada y responsable, es vital tener información clara, veraz y precisa.

Por otra parte, los aspectos de propiedad intelectual son los que más *ruido* y más conflicto están causando a esta tecnología. La propiedad intelectual tiene como principal anatema la intención de patentar la vida por parte de empresas económicamente poderosas, lo que representa un problema jurídico y social no fácil de resolver, particularmente para países con una alta diversidad biológica y con productores cuyos productos se consumen en el mundo desde hace varios siglos.

Tratados internacionales directamente relacionados con la bioseguridad suscritos por el Gobierno mexicano

1. Convenio sobre la Diversidad Biológica, ratificado por México en 1993. De él derivan particularmente dos compromisos: uno atendido en el nivel internacional, el Protocolo de Cartagena sobre Seguridad de la Biotecnología que, dicho sea de paso, fue el tratado internacional que dio las bases, la pauta y la temática para poder discutir la Ley de Bioseguridad de Organismos Genéticamente Modificados. El otro compromiso no ha sido atendido, aunque existen ya iniciativas al respecto, y es el aprovechamiento y la protección de los recursos genéticos,

* Subdirector general del Centro de Estudios Jurídicos y Ambientales, A.C.

particularmente los fitogenéticos, para la alimentación y la agricultura. No es un tema fácil, porque involucra aspectos de patente, económicos, sociales y culturales, que tienen que resolverse de manera muy adecuada en una regulación específica.

2. El *Codex alimentarius*, el cual se conforma por la Organización Mundial de la Salud y por la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO, por sus siglas en inglés), emite una serie de directrices y principios para el análisis de riesgos de alimentos para el ser humano. En ese sentido, si bien el *Codex alimentarius* no tiene un carácter vinculatorio de manera directa, sí lo tiene, por ejemplo, en la resolución de conflictos o de controversias internacionales, en los que sus parámetros forman parte importante para la evaluación de riesgos de productos para la salud humana.

Existen en particular dos elementos importantes que además se reflejaron, propiamente, en el Reglamento de la Ley de Bioseguridad de Organismos Genéticamente Modificados, como son los principios para el análisis de riesgos de alimentos obtenidos por medios biotecnológicos modernos, los cuales están también disponibles en internet, en la página del *Codex alimentarius*, y las directrices para realizar la evaluación de la inocuidad de alimentos obtenidos de plantas de ácido desoxirribonucleico recombinante.

3. Por otra parte, tenemos el Tratado de Libre Comercio de América del Norte (TLCAN), del cual deriva la Comisión de Cooperación Ambiental de América del Norte, importantísima para efecto de dilucidar el conflicto que se dio en las sierras de Oaxaca y Puebla. Sin embargo, el TLCAN establece una serie de requisitos para eliminar, justamente, las barreras arancelarias y no arancelarias del flujo de mercancías y, desde ese enfoque hay una serie de obligaciones por cumplir entre ellas, comercialmente hablando, por lo que es posible restringir o limitar el comercio de cualquier tipo de producto entre países, siempre y cuando la decisión o medida restrictiva tenga un respaldo científico.
4. La Organización Mundial de Comercio (OMC) establece reglas en materia comercial y de propiedad intelectual que México debe respetar y aplicar de manera congruente y armónica con otros compromisos internacionales que importen mercancías.

Ley de Bioseguridad de Organismos Genéticamente Modificados

El Protocolo de Cartagena, el *Codex alimentarius* y el TLCAN evidenciaron la necesidad de emitir la Ley de Bioseguridad de Organismos Genéticamente Modificados. Era importante resolver el tema desde el punto de vista de los riesgos, con responsabilidad, y también proteger un producto importante como es el maíz. El producto que dio origen a muchos de los aspectos de restricción y de protección y a principios establecidos en la Ley de Bioseguridad fue el maíz. No obstante, esta ley tiene una aplicación muy amplia porque no solamente es aplicable para cultivos o semillas genéticamente modificadas, sino también para otro tipo de productos que tienen que ver con biorremediación, producción industrial y una gran variedad de temas. Para ello se establecieron una serie de competencias, principalmente para la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (Semarnat), para la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (Sagarpa) y para la Secretaría de Salud.

Esta ley, emitida por el Congreso, fue publicada el viernes 18 de marzo de 2005 en el *Diario Oficial de la Federación*. No regula organismos genéticamente modificados, sino actividades con estos organismos. Por ejemplo, la utilización confinada, es decir, actividades en donde los OGM no tienen contacto con el medio ambiente, bien sea en laboratorio, transporte o almacenamiento; la liberación de OGM, que tiene tres fases, atendiendo a los principios de caso por caso y paso por paso, que es la fase experimental, la de programa piloto y la comercial; y, por supuesto, tanto la importación como la exportación, así como la comercialización de *commodities*, la comercialización de granos, que son importantes para la producción industrial, en particular para la producción alimentaria en el país.

Principios en materia de seguridad en la Ley de Bioseguridad de Organismos Genéticamente Modificados

1. El primero de ellos es la evaluación de riesgos, caso por caso y paso por paso, así como el monitoreo de

riesgos, de tal manera que pueda haber todo un seguimiento de este tipo de organismos de principio a fin. Esto conlleva: inversión, capacidad humana y capacidad tecnológica.

2. Las competencias en materia de bioseguridad, que se distribuyen particularmente entre la Semarnat, la Sagarpa, la Secretaría de Salud, la Secretaría de Economía, la Secretaría de Hacienda y Crédito Público y, por supuesto, la Comisión Intersecretarial de Bioseguridad de los Organismos Genéticamente Modificados (Cibiogem), que tiene a su cargo la coordinación de políticas públicas relacionadas con la bioseguridad y que, por supuesto, integra a todas estas secretarías y suma al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología y a la Secretaría de Educación Pública.
3. La coordinación con las entidades federativas tiene que ver con la parte de riesgos: la inspección y la vigilancia, y el monitoreo, de tal manera que las autoridades locales, por la vía de convenios de coordinación con la federación, puedan asumir estas funciones, en virtud de que tanto la Constitución mexicana como la Ley de Bioseguridad establecen las reglas para la asunción de este tipo de funciones.
4. Las autorizaciones sanitarias de organismos genéticamente modificados que atienden la protección a la salud humana cuentan con un protocolo y un estudio de riesgos específicos para poder establecer si un producto determinado, ya sea que se vaya a sembrar, consumir directamente o aplicar a productos específicos, es adecuado en términos de su inocuidad para la salud humana.
5. Otro aspecto importante es la utilización confinada, con estas tres o cuatro variables que ya comentamos: el laboratorio, el almacenamiento o depósito, los aspectos de enseñanza, en fin, cualquier actividad que implique contención del contacto de estos organismos-productos con el ambiente.
6. Los centros de origen y de diversidad genética están referidos como formas de protección de cultivos propios de México. Este tipo de áreas se crean mediante acuerdos intersecretariales de la Semarnat y la Sagarpa para poder proteger de posibles riesgos, de forma específica, productos que México requiere en los ámbitos social, ambiental, de biodiversidad y cultural.
7. Las zonas libres de OGM, zonas que fueron establecidas para evitar conflictos entre quienes produzcan

organismos genéticamente modificados y los que elaboran productos orgánicos, de tal manera que estos últimos no tengan ningún resquicio de contaminación que pudiera malograr su certificación.

8. El etiquetado y la identificación de OGM, el Sistema Nacional de Información y las normas oficiales mexicanas son elementos regulatorios torales para el desarrollo de los esquemas de protección establecidos en la ley y que aún no ven la luz a cinco años de la publicación del ordenamiento jurídico en comento.

Ordenamientos derivados de la Ley de Bioseguridad de Organismos Genéticamente Modificados

1. El Reglamento de la Ley de Bioseguridad de Organismos Genéticamente Modificados, publicado el miércoles 19 de marzo de 2008, fue reformado el 6 de marzo de 2009 para establecer el Régimen de Protección Especial al Maíz de acuerdo con la concepción del Poder Ejecutivo Federal, enfocado en aspectos de permisos de liberación de maíz genéticamente modificado.
2. El Reglamento de la Cibiogem, publicado el 28 de noviembre de 2006; las Reglas de Operación de la Cibiogem, expedidas el 5 de diciembre de 2007, modificadas el 10 de junio de 2009, de manera muy elemental; las Reglas de Operación del Fondo Cibiogem, que están asociadas particularmente a los instrumentos de la Ley de Ciencia y Tecnología, como un fondo institucional; y el Acuerdo del Comité Técnico y Científico de la Sagarpa, que es el que evalúa los riesgos a la sanidad animal, vegetal y acuícola derivados de la aplicación de organismos genéticamente modificados.

Leyes relacionadas con la Ley de Bioseguridad de Organismos Genéticamente Modificados

1. La Ley de Ciencia y Tecnología, en tanto que el Programa para el Desarrollo de Bioseguridad y Biotecnología es parte del Programa Especial de Ciencia, Tecnología e Innovación;
2. La Ley Federal de Producción, Certificación y Comercio de Semillas, que se refiere a las semillas

- genéticamente modificadas, remitiéndolas a la Ley de Bioseguridad;
3. La Ley de Desarrollo Rural Sustentable, que establece la política de regulación de riesgos, a efecto de evaluar la bioseguridad y la inocuidad;
 4. La Ley Federal de Sanidad Animal, para productos de uso o consumo animal;
 5. La Ley de Productos Orgánicos, para la protección de estos productos;
 6. La Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente, que se refiere a la protección de áreas naturales protegidas; la Ley de Bioseguridad protege las zonas núcleo de estas áreas con la prohibición de realizar allí actividades con organismos genéticamente modificados;
 7. La Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable, que establece previsiones para recursos forestales genéticamente modificados;
 8. La Ley General de Pesca y Acuicultura Sustentables, que trata sobre productos acuícolas genéticamente modificados;
 9. La Ley General de Salud, que establece el control sanitario de productos genéticamente modificados

que, una vez evaluados, están en el mercado y se consumen y, por cualquier cuestión de seguridad y de salud pública, pueden establecerse medidas para detener su comercio y consumo; y

10. El Código Penal Federal, que establece el delito contra la bioseguridad de OGM.

Normas oficiales mexicanas

- ✦ Etiquetado de OGM para consumo humano;
- ✦ Etiquetado de OGM para siembra;
- ✦ Identificación de OGM, para efectos comerciales; y
- ✦ La utilización confinada de OGM.

Existen formatos de aviso para utilización confinada que facilitan el control para las autoridades administrativas. Actualmente se realizan avisos mediante escritos libres.

Consideramos que éste es uno de los temas más relevantes y más importantes para proteger con eficacia productos como el maíz.

Insuficiencias, riesgos y peligros de la ingeniería genética: alternativas a la trayectoria tecnológica predominante

*Dra. María Elena Álvarez-Buylla Roces**

Estamos preocupados ante la coyuntura actual que implica la posible liberación de maíz transgénico en México y sus consecuencias para un patrimonio fundamental, no solamente para México, sino para el mundo: la diversidad de maíces nativos en nuestro país, que es centro de origen y diversidad del maíz.

Sin embargo, a mí me pidieron que no tocara el tema del maíz transgénico y su posible liberación en el campo mexicano, por razones que no me resultan claras. Me centraré en un tema que de manera casual, puesto que yo no me había puesto de acuerdo con él, el doctor Sarukhán dejó planteado en la mesa al final de su ponencia: ¿Cómo va a resolver México el reto de la producción de alimentos de manera sustentable, sin los costos que hasta ahora ha tenido la agricultura para la sociedad y el ambiente –como el cambio climático–, a la vez que conservamos esta gran riqueza del patrimonio nacional que constituye la agrobiodiversidad y la diversidad cultural, que no solamente abarca al maíz sino a muchas otras plantas para las cuales México es centro de origen y/o diversificación?

Antes de esto, quisiera hacer dos anotaciones. La razón por la cual se han gastado tantos recursos en una agricultura altamente tecnificada y en la discusión actual de la biotecnología y la ingeniería genética es muy clara: hay un sesgo en las tendencias tecnocientíficas aplicadas a la agricultura y en las decisiones a favor de los grandes intereses monopólicos, que generalmente van en contra del bien social, del bien público y del ambiente. Por ello, el tema de la biotecnología agrícola se discute hoy en esta cámara de diputados y también es un tema candente en los Estados Unidos y en Europa. En contraste, no se dedican suficientes recursos a la agroecología, a la innovación de los sistemas de producción tradicionales y

otras formas de agricultura que son más amigables con el ambiente.

Pero, ¿por qué tenemos este sesgo en contra del bien público, del bien social y del ambiente? Hay una hipótesis central, que dejo para su consideración: hay conflictos de intereses monetarios, políticos y también puede haber corrupción.

Es por ello que, afortunadamente, se han generado varias redes de científicos independientes en todo el mundo, como la Unión de Científicos Preocupados de Estados Unidos (Union of Concerned Scientists), varias redes de científicos europeas, una naciente, muy similar a nuestra red mexicana (Unión de Científicos Comprometidos con la Sociedad, UCCS: www.unionccs.net), que ven la necesidad de rescatar la ciencia para la ciencia misma, para el entendimiento profundo y para los intereses más globales y profundos de la sociedad y el ambiente.

Estas redes se han dedicado, desde la ciencia independiente, con información científica arbitrada por pares y con un rigor que está puesto a la disposición de toda la comunidad científica, a recabar información acerca de cuáles son los potenciales riesgos y beneficios de las tecnologías que estamos hoy día discutiendo.

Cito, por ejemplo, el extrañamiento que desde la Unión de Científicos Comprometidos con la Sociedad recientemente enviamos a las autoridades mexicanas y que está sustentado por más de 2 000 firmas, entre quienes se encuentran premios Nobel y científicos reconocidos de todo el mundo y de todas las áreas de conocimiento que hicieron un análisis cuidadoso de este trabajo de integración.

El 29 de septiembre de 2009 un grupo amplio de científicos prestigiados de todo el mundo, a iniciativa de la Unión de Científicos Comprometidos con la Sociedad de México, suscribió un extrañamiento dirigido al presidente Felipe Calderón Hinojosa que dice:

* Presidenta de la Unión de Científicos Comprometidos con la Sociedad, A.C. Jefa del Departamento de Ecología Funcional e investigadora del Instituto de Ecología de la UNAM.

Usted tiene la responsabilidad histórica de prevenir el daño irreversible a uno de los más valiosos recursos naturales del mundo: la diversidad del maíz mexicano. Su administración recientemente ha dado pasos con el fin de apresurar la introducción de maíz genéticamente modificado en el campo mexicano y estamos convencidos, con base en el conocimiento que tenemos de la evidencia científica disponible, de que esta decisión representa un riesgo desproporcionado e innecesario, que debe evitarse a toda costa por el bien de México y del mundo. Unidos por el compromiso ético, ampliamente fundamentado, de preservar este recurso para la humanidad, exigimos que su administración tome medidas drásticas que garanticen que ningún tipo de maíz transgénico se siembre en México, el centro de origen y diversidad de este importante alimento.

[...] Vemos con gran preocupación que los argumentos seriamente planteados por científicos y expertos en el campo de las humanidades y las disciplinas sociales sobre la inconveniencia de introducir maíz genéticamente modificado en México han sido ignorados durante largo tiempo. Incluso, la evidencia experimental producida en México, en ensayos [que hacen a los experimentos recién aprobados innecesarios] realizados hace 15 años que condujeron a la moratoria plenamente justificada de siembras de organismos transgénicos desde 1998 a 2003, parece haberse dejado de lado en aras de un desproporcionado impulso para permitir la siembra de maíz transgénico en México.¹

Este extrañamiento fue entregado en mano y con firma de recibido en las oficinas del señor presidente de la República, y de los funcionarios responsables de la bioseguridad de México. Hasta ahora, no hemos recibido respuesta alguna. ¿Qué intereses tan ajenos al bienestar social, la seguridad alimentaria y la sustentabilidad estarán presionando al Gobierno mexicano para abstenerse de escuchar los innumerables argumentos que se han manejado en el mundo entero para impedir la liberación de cultivos transgénicos en sus centros de origen y diversidad, como lo es México para el maíz? y, ¿por qué en lugar de actuar en beneficio de la población mexicana en su conjunto y

el futuro de nuestro ambiente, la seguridad y soberanía agroalimentaria, abren las puertas a una tecnología privatizadora, que no puede coexistir con la producción de maíz basada en las variedades nativas de México creadas y regeneradas por los mesoamericanos y actual sustento nodal del modo de producción dominante en el campo de nuestro país? Esta forma campesina e indígena de producir maíz y otros alimentos ha generado la mayor diversidad de cultivos; ha demostrado ser capaz de resistir los embates del clima y las vicisitudes del mercado; y se ha ido innovando, y aún se podría innovar más, para cubrir las necesidades alimentarias de México y del mundo. Este modo de producción es además la base de nuestra soberanía alimentaria.

Las preguntas planteadas arriba han sido abordadas en México y el mundo entero y la respuesta es bastante obvia y preocupante: los Estados están perdiendo su capacidad de fungir como árbitros entre el interés privado y el público, y de asegurar que se apliquen medidas precautorias y de regulación para evitar la expansión de ciertas tecnologías que son producidas y comercializadas por grandes consorcios monopólicos. El uso masivo de estas tecnologías puede implicar riesgos y efectos no deseados irreversibles y de grandes alcances para la humanidad y el ambiente. Los beneficios derivados de estas tecnologías se están privatizando y concentrando en cada vez menos manos, mientras que los riesgos que implica su uso son públicos, de gran alcance y se distribuyen de manera injusta entre la población mundial.

Otras redes, y redes de médicos, han hecho reportes recientes de los lugares en que se han liberado los transgénicos que demuestran insuficiencias claras y daños de transgénicos en la agricultura, en el ambiente; no hay aumento en rendimiento, ha habido contaminación a los maíces nativos y a las plantas nativas, lo cual ha llevado a que en todo el mundo –y en México deberíamos de hacer lo mismo– se restrinja la liberación de estos organismos en centros de origen y de diversidad.

En la agricultura industrial con transgénicos se ha hecho un mayor y no un menor uso de agrotóxicos; se ha producido una gran cantidad de gases de efecto invernadero como producto de la agricultura que

¹ Versión completa [en línea]: <www.unionccs.net/comunicados/index.php?doc=scienctrmaize_es>.

está indisolublemente relacionada con los transgénicos que nos tienen aquí. Sí, hay datos contundentes, científicos, que apuntan a daños a la salud, y además hay un manejo monopólico de estos materiales con todas las implicaciones perversas que esto tiene para la sociedad y la economía de los países.

En Europa se ha demostrado ya que la coexistencia de transgénicos y no transgénicos no es posible sin contaminación de las variedades nativas o de las variedades orgánicas que se quieren mantener como tales. Y en Europa, en donde hay un nivel de discusión muy alto y una valoración del bien público muy alta, hay un rechazo general a estos transgénicos sobre los que hoy discutimos.

En respuesta, ignorando todos nuestros argumentos, en octubre de 2009 el Gobierno Federal autorizó casi 30 solicitudes de siembras "experimentales" en Chihuahua, Coahuila, Durango, Jalisco, Sonora, Sinaloa y Tamaulipas. Así, el Gobierno incurre en responsabilidades con nuestro país, el futuro de la soberanía alimentaria, la autosuficiencia alimentaria, y la integridad de la diversidad de maíz nativo. Estas siembras "experimentales" ilegales hechas en México son en su mayoría de las empresas agrotecnológicas más grandes.

Con estos antecedentes de la coyuntura actual, y haciendo honor a la solicitud de no dedicar mi charla a la discusión de este crucial tema para México, lo que quiero plantear, para introducir mi presentación, es un análisis serio, científico, de las incertidumbres, las insuficiencias o las suficiencias y los riesgos o peligros de una tecnología que implica riesgos y peligros claramente anidados, como se muestra aquí. No nos podemos quedar en el análisis reduccionista de las moléculas o de, incluso, los genes. Tenemos que entender las consecuencias de las construcciones recombinantes o transgenes en la integridad del genoma, en las plantas, en los ambientes en donde crecen éstas y también en los contextos sociales y económicos en los cuales van a usarse estas tecnologías.

Por ello es que un análisis riguroso, honesto, científico requiere una serie de conocimientos que no pueden quedarse solamente en la ingeniería química o en la bioquímica; tienen que profundizar en la biología y en la genética molecular, en la epigenética y en

los mecanismos de integración genómica, en la genética de las plantas, en la genética de las poblaciones, en la ecología y la agroecología, en la evolución, en las ciencias agrícolas, en el estudio del manejo campesino y la etnobotánica y también en las ciencias sociales, la economía política, las ciencias de la salud, la antropología y las humanidades. Haciendo honor a los ámbitos de experiencia que he tenido a lo largo de mi carrera, que abarcan varios de estos campos, voy a tocar todos los aspectos que sustentan el extrañamiento citado arriba y la solicitud de prohibición a la liberación de maíz transgénico en México.

No podemos analizar la biotecnología si no se hace de manera integral y conjunta con el análisis de la agricultura moderna, a partir de la revolución verde de 1960 a 2000. Los transgénicos que discutimos en este foro son la cúspide tecnológica de este tipo de agricultura. Entonces, lo primero que voy a hacer es evaluar cuáles han sido los éxitos y los costos del modelo agroindustrial.

En 50 años los cultivos transgénicos han tenido un aumento de 265 millones de hectáreas a 1 500 millones de hectáreas, es decir, ha sido un proceso expansivo. ¿Por qué? Porque son cultivos que se siembran de manera extensiva, y en 91 por ciento de los casos se siembran en forma de monocultivos de granos como arroz, maíz, soya y trigo. Esto quiere decir que más de dos mil especies alimenticias potenciales fueron reducidas a 12 granos, 23 especies vegetales y 35 tipos de frutas agroindustriales. Esto es, desde mi punto de vista, un error, puesto que ha llevado a una disminución grandísima de los beneficios alimenticios y ambientales de la agricultura, y a un empobrecimiento de la dieta del ser humano.

Ciertamente, la producción se ha triplicado en 50 años. Ha sido un gran éxito de la revolución verde, y sólo dos por ciento de la población trabaja en la agricultura. Esto tiene consecuencias sociales que cada vez vemos con mayor claridad, y son muy negativas, sin embargo.

La biotecnología dominante, como decía, es parte indisoluble de este tipo de agricultura industrializada, ¿y cuál es su legado en términos de los costos más preocupantes? Contaminación de agua, emisión de

gases de efecto invernadero –el mayor contribuyente al cambio climático–, pérdida de suelo, desaparición de humedales, daños a la salud humana y pérdida de biodiversidad.

Cuando nos presentan que la única alternativa posible es, o pesticidas o maíz *Bacillus thuringiensis* (*Bt*), resulta claro que esto es una falsa disyuntiva, porque el maíz *Bt* es insoluble de este tipo de agricultura con un alto uso de agrotóxicos y costos ambientales, y voy a sustentarlo con datos.

La agricultura moderna ha sobrepasado los límites y ha tenido costos sociales en salud pública, ha ido más allá de los límites ecológicos, ha tenido costos en economía y, por lo tanto, también en la ecología o el ambiente. Los rendimientos han sido decrecientes o estables en los últimos años y, a pesar de que se prometió que los transgénicos solucionarían este problema de las agroindustrias, no han aumentado los rendimientos. Los datos son contundentes. Hay un reporte muy detallado hecho por el mismo Departamento de Agricultura de los Estados Unidos.

Los costos ecológicos ascienden a más de 300 dólares por hectárea por año, y los cultivos genéticamente homogéneos son inestables, vulnerables a plagas y al cambio climático, hay una carencia de biodiversidad funcional, son altamente dependientes de insumos externos, el uso de agrotóxicos es muy elevado y esto produce una gran cantidad de contaminantes al ambiente.

Los costos en materia de salud son muy grandes. Hay un reporte en *The New York Times*² donde ya se acepta por parte de los médicos convencionales de los Estados Unidos una asociación clara y directa entre cáncer, diabetes y otros trastornos y todos los derivados tóxicos de este tipo de agricultura.

El consumo global de pesticidas y la inútil guerra química contra las plagas han sido uno de los grandes

fracasos de esta tecnología. Hoy en día nos presentan, al igual que presentaron a los transgénicos como una alternativa estable y sustentable para solucionar el aumento del rendimiento, a los maíces que producen su propio insecticida. Bueno, éstos también han ya demostrado no ser sustentables, también generan, como han generado los pesticidas tradicionales, plagas resistentes que llevan a producir nuevas proteínas y a seguir el negocio de este tipo de agricultura con esta nueva adición tecnológica que es el transgénico que produce su propio insecticida. Más de 400 plagas son resistentes a más de mil pesticidas. La resistencia a las proteínas recombinantes de los cultivos *Bt* ya está apareciendo. Además esta tecnología está asociada a otra que es la del *Round-up Ready* para permitir la tolerancia a los herbicidas tóxicos; en particular al glifosato, que se pensaba menos dañino que los anteriores, y ahora sabemos que es muy dañino.

El uso de agrotóxicos ha dado lugar a una contaminación tremenda de mantos acuíferos, al suelo y a la biota del entorno; 60 por ciento de las frutas, 30 por ciento de los vegetales y 31 por ciento de los derivados de granos están contaminados y también el ganado, la leche y los derivados cárnicos.

Las mismas multinacionales que han impulsado esta agricultura industrial con un alto uso de agrotóxicos son las que han solicitado las siembras experimentales de maíz transgénico en México; son ahora empresas semilleras monopólicas, que están impulsando la nueva biotecnología, la de los transgénicos, que son básicamente de dos tipos: tolerantes a herbicidas, al herbicida glifosato, y cultivos resistentes a plagas de lepidópteros (mariposas), como el maíz *Bt* que mencioné arriba.

Esta nueva biorrevolución propuesta, insisto, por los mismos intereses que promovieron la primera ola de agricultura basada en agroquímicos, ahora equipando cada cultivo con nuevos genes insecticidas o tolerantes a herbicidas, prometía remediar algunos de los efectos nocivos de la agricultura químicamente intensiva, haciéndola más sustentable y más rendidora. Pero estas promesas no han sido cumplidas.

² Nicholas D. Kristof, "New Alarm Bells About Chemicals and Cancer" [en línea]: <<http://www.nytimes.com/2010/05/06/opinion/06kristof.html>>.

El uso de agrotóxicos

Estos son datos recabados de los últimos diez años, a partir del momento en que se liberaron las primeras plantas transgénicas.

¿Qué ha pasado? Esta nueva tecnología ha dado lugar al acaparamiento de tierras por parte de pocas agroindustrias y corporaciones muy grandes (como Monsanto) que controlan las mejores tierras, los mejores suelos y recursos hídricos para la producción de cultivos del máximo valor comercial.

La producción de alimentos básicos ha crecido muy por debajo de la producción de forrajes para el ganado y de cultivos comerciales. Esto deja claro que el interés no ha sido solucionar el reto de alimentar al mundo. Y la falta de oportunidades económicas en el área rural ha forzado a la población a migrar y a dejar el ambiente y a la sociedad rural completamente desarticulados, desatendidos y degradados.

Este maridaje entre corporaciones multinacionales y patentes que son monopolios, cada vez más, tiene un control prácticamente total de la base biológica de la agricultura, que es la semilla, y por lo tanto de todo el sistema alimentario.

La difusión de la biotecnología en la agricultura ha desplazado a otros enfoques más integradores que,

sin ser analizados, podrían ser mucho más sustentables ambientalmente, de desarrollarse en universidades públicas y en centros de investigación; y para esto no hay apoyo.

La expansión de los cultivos transgénicos sí amenaza la diversidad genética por varias razones: directamente, como demostraré más adelante, y por la simplificación de los sistemas de cultivo y la promoción de la erosión genética y la posible desintegración genómica de razas y variedades nativas. La siembra masiva de cultivos transgénicos comienza a desencadenar un proceso con efectos socioeconómicos y ambientales más dramáticos, más irreversibles y acumulables y más impredecibles, también, que los experimentados con la revolución verde.

Dos ejemplos: la transferencia de genes de cultivos resistentes a herbicidas hacia variedades silvestres ya está dando lugar, en Sudamérica y en los Estados Unidos, a superplagas que han requerido un mayor, y no un menor, uso de agrotóxicos. Experimentos en ratas han demostrado que el consumo, no de las proteínas objeto de la biotecnología, sino de las plantas transgénicas completas, sí da lugar a estados crónicos subclínicos como son las anomalías en hígado y riñones y padecimientos que luego son heredados, además, con daños más severos en machos que en hembras. Estos datos están todos sustentados por investigaciones científicas arbitradas.

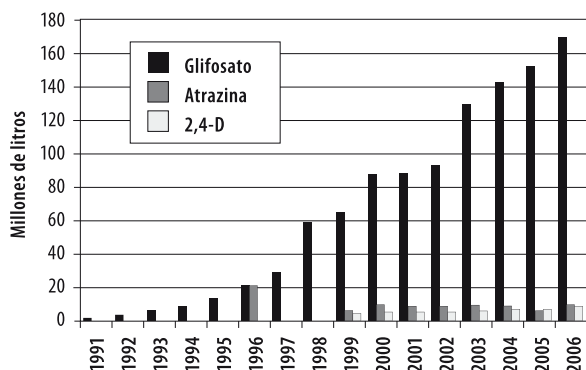
Vamos a ir analizando, una por una, las promesas o mitos de esta tecnología.

¿Los organismos genéticamente modificados han ayudado a aliviar los costos de la agricultura agroindustrial? La respuesta es no.

El glifosato es un herbicida que, se ha demostrado por estudios tanto con animales de laboratorio como con una casuística enorme que ha sustentado un expediente para la Corte Internacional de La Haya, causa malformaciones y efectos devastadores a la salud.

El uso de este agrotóxico ha aumentado y no disminuido aunque es altamente dañino a la salud animal y humana y al ambiente en Argentina, en donde se ha

Evolución en el consumo de glifosato, atrazina y 2,4-D en Argentina, 1996-2006



establecido lo que se llama la “república de la soya” o el “desierto verde”, con tremendas consecuencias ecológicas por la acumulación de este agrotóxico en los mantos freáticos y en la destrucción de toda la flora local.

En términos de mejorar las condiciones ambientales, ¿los transgénicos son amigables con el ambiente? La respuesta es no. En un documento muy reciente de la Unión de Científicos Preocupados de Estados Unidos, con datos científicos incontestables, se ha demostrado que la introducción de los transgénicos coincide con una mayor emisión de gases de efecto invernadero mucho más potentes que el CO₂, entre otros, el óxido nitroso. Este tipo de gases tienen un potencial de calentamiento global 300 veces mayor que el CO₂, y están asociados directamente al uso excesivo de fertilizantes indispensables en la agricultura industrializada, pero que, por razones que todavía no entendemos científicamente, ha aumentado de manera drástica a partir de la introducción de los transgénicos.

¿Los transgénicos han ayudado a aliviar el hambre del mundo? La respuesta corta es **no**.

Un primer punto: en 1999 había datos de suficiencia de alimentos para 8 000 millones de personas, es decir, 2 000 millones de habitantes más de los que actualmente vivimos en este planeta. Esto quiere decir que, al revés de lo que nos han querido vender las compañías que comercializan estos transgénicos, el problema del hambre no es un problema de producción de alimentos, sino de distribución y de pobreza, de inequidad, de injusticia social.

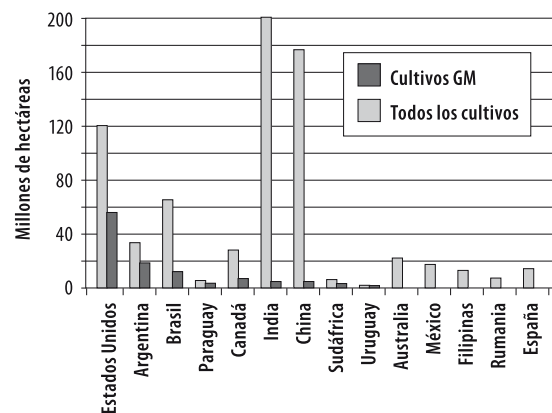
En América Latina, por ejemplo, se ha importado una gran cantidad de pesticidas, de fertilizantes y, sin embargo, el problema del hambre no se ha resuelto. Se abandonó la agricultura campesina tradicional y se optó por esta agricultura industrializada que ahora, como cúspide de su desarrollo, nos ofrece estos transgénicos y no ha resuelto, más bien ha cancelado la autosuficiencia y la soberanía alimentaria de la cual estábamos muy orgullosos los mexicanos hasta antes del Tratado de Libre Comercio de América del Norte y de las políticas neoliberales que retiraron todo el apoyo al campo. Además, como quedó claro en los datos citados arriba, los transgénicos no han aumentado

los rendimientos en plantas alimenticias, como se había prometido originalmente.

¿Cuáles son los transgénicos y dónde se siembran? La proporción de transgénicos de toda la agricultura mundial, a pesar de todas las promesas, es ridículamente pequeña, y ni una sola hectárea de producción de transgénicos alimenta a un sólo hambriento del mundo; es decir, esta agricultura no está destinada a la alimentación, está destinada a los agronegocios. Además, la biotecnología está concentrada en muy pocos países y en muy pocas plantas y en muy pocos desarrollos.

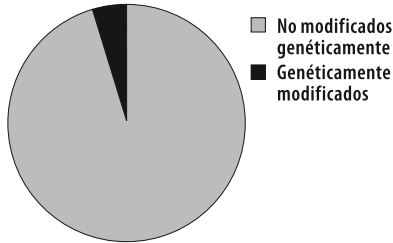
Entonces, la siguiente pregunta tiene que ver con la rentabilidad, ¿son rentables los transgénicos? Pues sí, son rentables para algunos pocos grandes productores, relativamente pocos, cada vez menos, y para las grandes compañías agrotecnológicas. Más que estar alimentando a los pobres y a los hambrientos de este planeta, esta tecnología está alimentando las ganancias de las grandes corporaciones. Porque, paradójicamente, los transgénicos, en esta evaluación hecha por economistas estadounidenses, son más caros que, por ejemplo, la producción orgánica de maíz que tiene ya muchos costos adicionales a la producción convencional; y también es lo mismo en el caso de la soya. Y si vemos el aumento de los precios, entonces tampoco hay, aparentemente, un beneficio económico en términos macro, por lo menos reflejados en

Área total cultivada por país vs. área cultivada con cosechas genéticamente modificadas, 2006



Fuente: Departamento de Agricultura de los Estados Unidos, 2007.

Porcentaje de tierra en 23 países para cultivo de organismos genéticamente modificados



Fuente: Departamento de Agricultura de los Estados Unidos, 2007, Servicio de Investigación Económica, 2008.

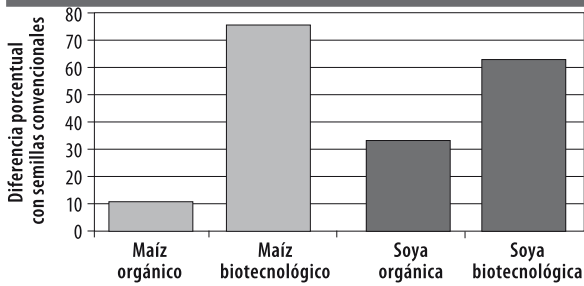
una tendencia conveniente, de por lo menos un equilibrio en los precios, porque los precios de las semillas, en vez de equilibrarse o disminuir, han ido aumentando. Estos son datos de economistas de los Estados Unidos.

Ésos son los hechos y los datos contundentes acerca de los costos de la agricultura altamente tecnificada, agroindustrial y de, incluso, el maridaje de esta agricultura con la nueva biotecnología, con la introducción de los transgénicos.

Organismos complejos vs. simples como pretenden los biotecnólogos

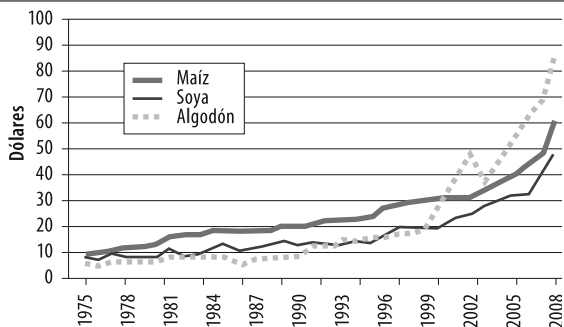
Ahora voy a pasar a otro tema que tiene que ver con si es válido asumir que los organismos somos como sumas de genes que actúan unos independientemente de otros. Si los organismos fueran así de simples, podríamos entender qué es lo que hace un gen aislado del resto, y podríamos predecir, si lo metemos a un genoma de un ser vivo, siendo sólo un gen de muchos, cuál va a ser el efecto que va a tener en este organismo y cuál va a ser el efecto que ese organismo va a tener en su ambiente, cómo va a evolucionar, etcétera. En contraste, la visión actual de los seres vivos y de los genomas, es que éstos son complejos y dinámicos, y en ellos son cruciales las interacciones entre distintos componentes. Por lo tanto, la alteración biotecnológica de un ser vivo en que se introduce o altera uno de sus genes, puede tener efectos no esperados en los rasgos visibles de dicho organismo, producto de las interacciones del gen introducido o alterado con el resto de los genes del genoma u organismo.

Precio de semillas biotecnológicas y orgánicas comparado con el precio de semillas convencionales en 2010



Fuente: Departamento de Agricultura de los Estados Unidos, 2007, Servicio de Investigación Económica, 2008.

Precio promedio de semillas de maíz, soya y algodón en los Estados Unidos, 1975-2008 (Dólares por acre sembrado)



Fuente: Departamento de Agricultura de los Estados Unidos, 2007, Servicio de Investigación Económica, 2008.

Al respecto hay una diferencia de paradigmas científicos. El dogma central de la biología molecular, que es el que rige a la biotecnología y a esta creencia de que el ADN es como un programa de computadora, ha sido superado. En las revistas científicas más importantes del mundo: *Nature*, *Science*, *Proceedings of the National Academy of Sciences* (PNAS), entre otras, hay multitud de artículos que han demostrado que el dogma central de la biología molecular está muerto, es decir, no es válido. Hay muchos datos que contradicen el determinismo genético, que contradicen esta causalidad unilineal entre un gen y una característica en los organismos vivos, y que, en contraste, lo

que plantean es que el genoma es dinámico y los derroteros tecnológicos y las consecuencias de una tecnología hecha con este paradigma, son completamente distintos. Y entonces sí, una inserción de un nuevo gen puede tener efectos distintos en los rasgos visibles de los seres vivos dependiendo del sitio en donde se inserta el gen, y dependiendo del genoma de la planta transformada. Esto implica que, a diferencia de lo que nos mostró el doctor Luis Herrera Estrella respecto a que plantas genéticamente distintas por mutaciones diversas tienen rasgos visibles contrastantes, es posible tener este resultado en plantas transgénicas idénticas genéticamente en las que el transgén se insertó en distintas posiciones del genoma. Esto tiene consecuencias muy graves potencialmente cuando se liberan transgénicos en un centro de origen y/o diversidad pues los transgenes irremediablemente se insertarán y acumularán en las variedades locales, y en algunos casos esto tendrá efectos no deseados. Ilustro estos conceptos y escenarios con la planta experimental (*Arabidopsis thaliana*) que usamos en el Laboratorio de Genética Molecular, Desarrollo y Evolución de Plantas que coordino en el Instituto de Ecología de la UNAM. Es un experimento para hacer biología del desarrollo que está dirigido a responder esta pregunta: ¿La transgénesis es precisa, y podemos predecir sus resultados en la forma de las plantas? La respuesta es no, por lo que voy a mostrar. (Véase ilustración en la página siguiente.)

Esta planta es genéticamente idéntica a la siguiente. Es decir, tienen los mismos genes, pero una tiene una flor completamente aberrante, en donde de adentro del fruto salen varias flores y plantas completamente aberrantes. Sin embargo, aunque no parezca creíble, estas dos plantas son genéticamente idénticas.

Las dos plantas tienen los mismos genes, exactamente los mismos. La única diferencia es que en una el transgén cayó en un cromosoma y tiene un contexto genómico, alrededor de sí, distinto de lo que sucedió en el otro caso. Y como éste, hay miles de experimentos similares que demuestran que las interacciones de los genes son fundamentales para el efecto que éstos tienen en los rasgos visibles de los seres vivos.

Entonces, ¿cómo es que las empresas pueden tener líneas puras de plantas transgénicas con efectos

predecibles? Las empresas hacen una selección *a posteriori* de las flores que desean. En países como los Estados Unidos, las empresas generan líneas puras de plantas con el fenotipo (todos los rasgos visibles) deseado y las venden año con año a los agricultores. En ese país la producción y distribución de semillas es cerrada y controlada por las empresas.

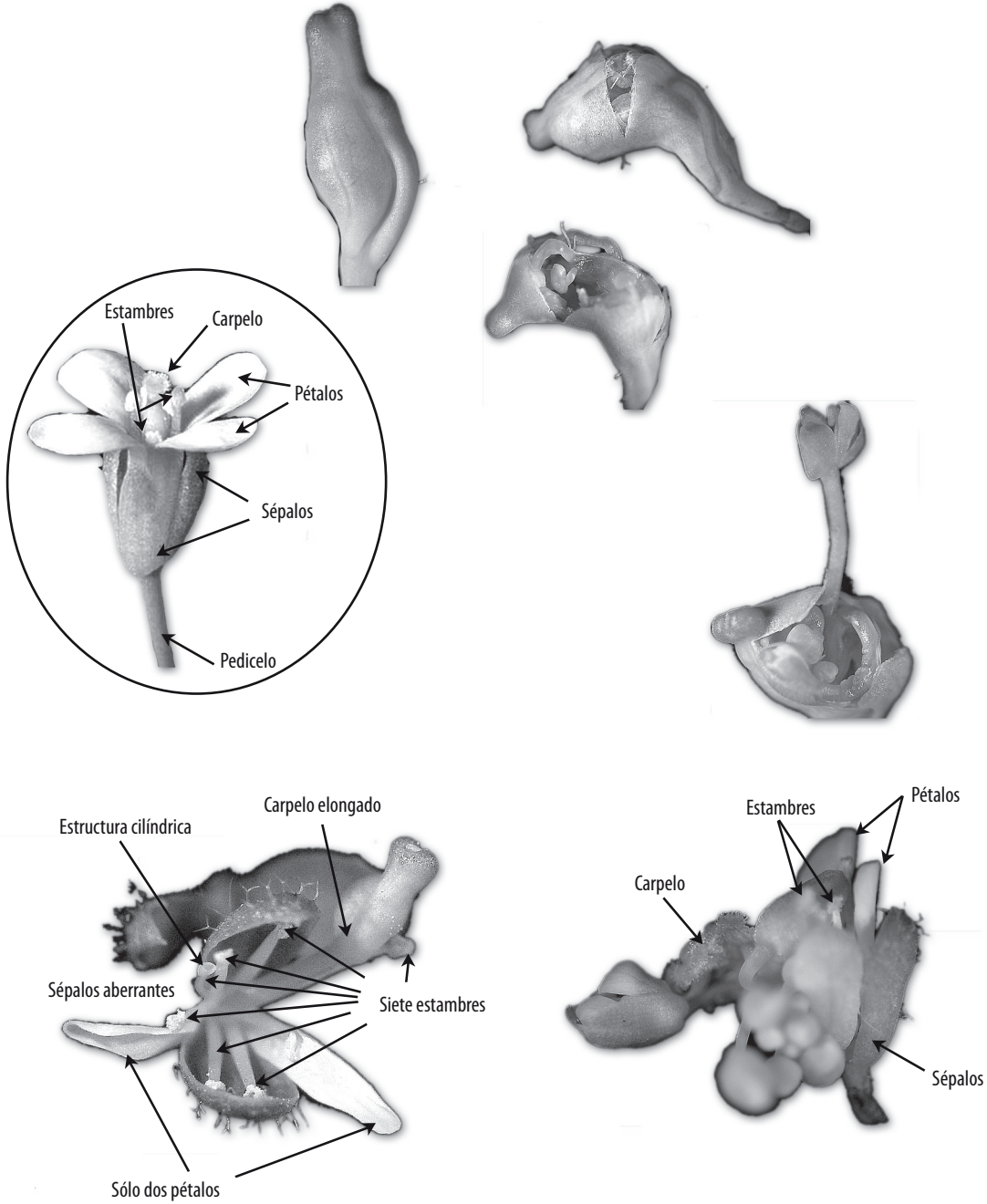
El problema es que estas plantas no se van a quedar en el laboratorio y tampoco en los invernaderos de las empresas, sino que se van a liberar al ambiente, ¿y qué es lo que va a pasar? En el ambiente, estos genes se van a mover por medio del polen y las semillas, y van a caer en muy distintos contextos de las variedades locales en centros de origen y/o diversidad, como lo es México para el maíz.

Los contextos genómicos de las diversas variedades locales en un centro de origen y diversidad son muy contrastantes; mucho más que los de los insertos recombinantes en las dos plantas antes mencionadas. Contextos distintos y diversos en las 59 o 60 razas y miles de variedades para el caso del maíz, por ejemplo. Es por esto que en ningún centro de origen y/o diversidad se liberan cultivos transgénicos. Los efectos no deseados pueden ser mayúsculos. Es un experimento que no vale la pena hacer pues implica riesgos y peligros demasiado grandes.

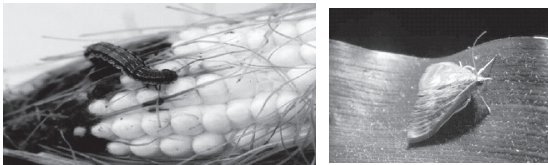
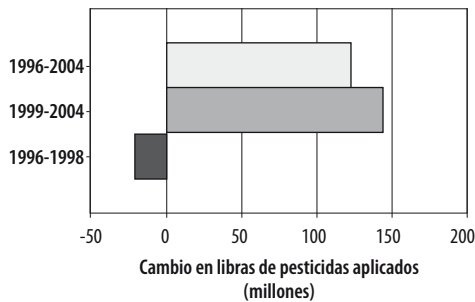
Hay otro ejemplo que demuestra la importancia de las interacciones entre los genes. En la gráfica "Cambios en el uso de pesticidas..." se muestra el uso de agrotóxicos después de la liberación de los cultivos transgénicos. Resulta que durante los primeros años que se liberaron las plantas tolerantes a pesticidas sí hubo una disminución pequeña en el uso neto de agrotóxicos. Pero después de poco tiempo se regresó al mismo nivel de uso de agrotóxicos; si nos hubiéramos quedado en esta línea, estaríamos en cero, es decir, se seguiría usando la misma cantidad de millones de libras de pesticidas.

Sin embargo, a partir de relativamente pocos años de estar usando esta tecnología de resistencia o tolerancia a plagas y herbicidas, lo que pasó es que se empezó a usar una cantidad mayor de la que se estaba usando originalmente. Esto, debido a que se descubrió que los genes que hacen a las plantas tolerantes

¿Transgénesis precisa y predecible? NO



Cambios en el uso de pesticidas en los primeros tres años de comercialización comparado con los últimos seis años



Fotografía de Jack Dikynga, cortesía de ARS, USDA

al herbicida, hacen a estas mismas plantas más atacables, más sensibles, más débiles ante las plagas. Entonces, no solamente se tenía que usar el herbicida, sino, ahora, mayores cantidades de insecticidas. Esto se debe a la interacción del efecto de un transgén y aquellos genes nativos que subyacen tras la resistencia a plagas. Por ello, se decidió combinar los dos transgenes: el de tolerancia a herbicida y el de resistencia a plagas. Pero esto implica el uso del glifosato, que, como vimos arriba, es un agrotóxico con efectos nocivos en el ambiente y la salud.

Los posibles efectos no esperados y no deseados producto de la inserción de transgenes novedosos en las variedades nativas, preocupan en un centro de origen y/o diversidad porque si se liberan los cultivos transgénicos, será imposible impedir la contaminación de los acervos nativos. La diseminación de los transgenes en el caso del maíz mexicano se muestra en esta simulación.

Alternativas amigables con el ambiente y virtuosas social y médicamente a la biotecnología de transgénicos

Finalmente, quisiera comentar que hay una propuesta alternativa de desarrollo biotecnológico que está

justamente sustentado en, por un lado, resolver los verdaderos problemas de la agricultura, que como decía, el *Bt* no va a resolver, ni siquiera el problema de plagas en nuestro país para el maíz, puesto que se está trabajando con proteínas que no afectan a las plagas mexicanas. Y además todos los problemas más apremiantes de la agricultura mexicana son inatendibles con la biotecnología actual que estamos discutiendo. Nos referimos a la salinidad de suelos, la impredecibilidad de las lluvias, la sequía, entre otros. En contraste, la diversidad de maíces nativos han logrado contender con estos problemas, y a partir de ella se podría innovar e implementar planes integrales agroecológicos para resolverlos mejor.

La alternativa consistiría en buscar la diversidad genética en las variedades nativas, relevante para contender con algunos problemas y combinar metodologías modernas de mapeo de genes y cruas como se hace en el mejoramiento genético clásico, para lograr cultivos más rendidores o resistentes a algunos de los retos ambientales. Esto además aprovecharía algunos de los conocimientos y prácticas del modo campesino de producción en sistemas campesinos especializados más amigables con el ambiente. Necesitamos sistemas agroecológicos parecidos a los usados en la agricultura tradicional, que pueden ser complementados con desarrollos biotecnológicos dependientes de esta diversidad de razas. Esto demuestra que con las mismas razas disponibles, sin necesidad de transgénicos, se pueden triplicar los rendimientos con inversiones mucho menores en comparación con lo que implica incorporar nuevos genes recombinantes con efectos potenciales no deseados y disruptivos, como se mostró arriba.

Entonces sí hay alternativas en donde hay que combinar conocimiento tradicional, agronomía, agroecología y una ciencia básica pública, comprometida con el conocimiento profundo, la sociedad y el ambiente y con un desarrollo alternativo que recupere estos modos campesinos, la vida rural y que evite los costos ambientales de la agroindustria.

El problema adicional con la tecnología de plantas transgénicas es que puede llegar a ser irreversible. Por ello, éste es un momento crucial para México, sobre todo para el caso de las plantas para las cuales

México es centro de origen y diversidad. Creo que aquí no podemos tomar decisiones a medias tintas y decidir que una parte del país sí puede tolerar los transgénicos y otras no, porque, como les mostré, los datos de flujo génico demuestran que todo el país debe ser considerado como centro de origen y diversidad y no va a haber manera de aislar una parte del país de otra.

Conclusiones

Esto nos lleva a concluir que la única medida de bioseguridad aceptable si queremos reconocer y cuidar el patrimonio que no solamente es de México sino de la humanidad entera y que representa la diversidad del maíz y de otras plantas para las cuales México es centro de origen y diversidad, es prohibir la liberación a campo abierto de este tipo de transgénicos propuestos por las grandes corporaciones.

Además, también se debería prohibir el uso de nuestro alimento básico como un biorreactor, y en este sentido el Gobierno mexicano no está haciendo nada, puesto que no es suficiente una cláusula del reglamento para que evitemos la contaminación de estos maíces de reactores, o prohibir su siembra en México. Se debe pugnar por que el maíz no se use para expresar en él fármacos o compuestos que pueden cancelar su vocación alimenticia, y por que el maíz mexicano sea considerado patrimonio de la humanidad.

También es urgente dar mucho más apoyo a la investigación independiente, sin conflictos de intereses, para desarrollar una agroecología y una biotecnología integral de frontera y pública que reivindique la agricultura tradicional campesina sustentable, modernizada y en pro de la biodiversidad.

Referencias

- ALTIERI, M.A. (1994): *Biodiversity and Pest Management in Agroecosystems*, Nueva York, Haworth Press, 185 pp.
- AUDIRAC, I. (ed.) (1997): *Rural Sustainable Development in America*, Nueva York, John Wiley and Sons.
- CONWAY, G.R. (1999): *The Doubly Green Revolution: Food for All in the 21st Century*, Ithaca, N.Y., Cornell University Press [en línea]: <<http://e-teacher.clanteam.com/conway.pdf>>.
- FREESE, W. y D. Schubert (2004): "Safety Testing of Genetically Engineered Food", en *Biotechnology & Genetic Engineering Reviews*, 21:299-325.
- FINAMORE, A. et al. (2008): "Intestinal and Peripheral Immune Response to MON810 Maize Ingestion in Weaning and Old Mice", en *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 56(23):11533-11539.
- Royal Society (2002): "Genetically Modified Plants for Food Use and Human Health, an Update", *Policy Document 4/02* [en línea:] <www.royalsoc.ac.uk/Report_WF.aspx?pageid=9959&terms=genetically+modified+plants&fragment=&SearchType=&terms=genetically%20modified%20plants>.
- VÁZQUEZ-PADRÓN et al. (2000): "Characterization of the Mucosal and Systemic Immune Response Induced by Cry1Ac Protein from *Bacillus thuringiensis* HD 73 in Mice", en *Brazilian Journal of Medical and Biological Research*, 33(2):147-155 [en línea]: http://www.somloquesembren.org/img_editor/file/vasquez00 BJMBR.pdf>.
- Food and Agriculture Organization of the United Nations / World Health Organization (2001): "Evaluation of Allergenicity of Genetically Modified Foods", Report of a Joint FAO/WHO Expert Consultation on Allergenicity of Foods Derived from Biotechnology, 22-25 de enero, Roma.



**PANEL I. CONSERVACIÓN
DEL GERMOPLASMA**

MAYO 12 DE 2010

Panel 1

CONSERVACIÓN DEL GERMOPLASMA

Banco Nacional de Germoplasma Vegetal

Dr. Jesús Axayacatl Cuevas Sánchez

La conservación de los recursos fitogenéticos de México y su futuro después de la liberación de organismos genéticamente modificados

Dr. Rafael Ortega Paczka

El Sistema Nacional de Recursos Fitogenéticos para la Alimentación y la Agricultura

M.C. Rosalinda González Santos

Proyecto Maestro de Maíces Mexicanos

Presentación de resultados de tres años de trabajo en el estado de Puebla

M.C. José Luis Herrera Ayala

El maíz mexicano, patrimonio de la humanidad

T. Ángel Kato Yamakake, Fernando Castillo González y J. Antonio Serratos Hernández

Estrategias alternativas de conservación del maíz nativo en México

Dr. Fernando Castillo González





Intervención del Dip. Justino E. Arriaga Rojas, Dr. Rafael Ortega P., Dr. T. Ángel Kato, Dr. Jesús A. Cuevas Sánchez, M.C. Rosalinda González Santos, M.C. José Luis Herrera Ayala y Dr. Fernando Castillo González.

Banco Nacional de Germoplasma Vegetal

Dr. Jesús Axayacatl Cuevas Sánchez*

Para conservar las plantas como recursos se requiere, además del mantenimiento de la viabilidad de su germoplasma, entender y propiciar la continuidad de diversos aspectos culturales involucrados en la percepción, manejo y domesticación de los diversos *taxa* de interés a los grupos humanos. Para establecer las estrategias adecuadas respecto a la conservación de la diversidad genética vegetal es imprescindible entender cuál es el concepto de los recursos vegetales.

Si bien es importante abordar la parte biológica (*v.gr.* la fisiología de las semillas) y ecológica relativa a la conservación y evolución de los recursos fitogenéticos (el tipo de clima, suelos y vegetación), no se debe olvidar la influencia de la cultura, que es un atributo propio, inherente a la evolución de la especie humana. No es lo mismo conservar el germoplasma vegetal *per se* (las semillas, por ejemplo) dentro de un refrigerador, que conservar las plantas como recursos.

Con base en lo anterior, la etnobotánica resalta como una parte esencial del ámbito de la investigación científica conducente no sólo a la recolección de las semillas, sino, sobre todo, al entendimiento de las interrelaciones hombre-planta vinculadas a la evolución de ambos tipos de organismos.

Más que en muchos casos, además de conservar en los bancos de germoplasma parte de la diversidad genética de las poblaciones vegetales de interés antropocéntrico, es prioritario conservar y depurar los agroecosistemas en los que diversas especies han evolucionado. Tal es el caso de las razas de maíz, las cuales, con frecuencia, son cultivadas en asociación con otras especies como frijoles, calabazas, amarantos, magueyes, entre otras, por lo que es, en consecuencia, de gran importancia el entendimiento de las interacciones derivadas de sus formas particulares de manejo agronómico.

Otro fenómeno extremadamente importante de entender en el proceso conducente a la conservación de los llamados recursos vegetales o fitogenéticos es el de la fitodomeesticación o domesticación de las plantas. Aquí a mi izquierda, está el doctor Ángel Kato (profesor-investigador del Colegio de Posgraduados), cuyas aportaciones evidencian al antepasado silvestre del maíz, conocido como teocintle, como la población vegetal a partir de la cual dio inicio el proceso de selección que condujo a la creación del maíz, especie que actualmente cuenta con 64 razas adaptadas a muy diversas condiciones ecológicas y culturales, de las cuales nos sentimos orgullosos como mexicanos; sin embargo, no debemos olvidar que éstas han sido creadas fundamentalmente por los pueblos indígenas de nuestra sociedad.

La taxonomía constituye uno de los pilares fundamentales, sin el cual no podríamos siquiera determinar la identidad de las plantas a investigar. El conocimiento botánico es un aspecto importante para poder precisar cuál es el material que se está estudiando o conservando.

Realizamos una investigación bajo la dirección del doctor Salvador Miranda Colín, para tratar de entender cómo fue que se creó el maíz. Quiero hablar sobre doña Carmen Bautista, una indígena totonaca, que es mi maestra, ya que he aprendido mucho de ella, no sólo sobre las plantas, sino sobre la vida. Ella fue quien logró manufacturar tortillas utilizando los frutos de teocintle, y contienen más del triple de proteínas en comparación con las tortillas que consumimos hoy en día.

Esa experiencia fue muy interesante ya que, a pesar de varios intentos para elaborar tortillas a partir de nixtamal derivado de frutos de teocintle en el Laboratorio de Maíz del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) ubicado en Chapingo, las tortillas no salían. Sin embargo, esta señora (doña Carmen) tomó algunos frutos de teocintle con sus dedos, los mordió y, de una manera muy práctica, dijo: "Esta maíz está muy duro... vamos

* Banco Nacional de Germoplasma Vegetal de la Universidad Autónoma Chapingo.

a poner primero a hervir la lejía (agua con cal) y cuando esté hirviendo colocamos los granos del teocintle". De modo que fue ella, no yo, la que hizo sabrosas y nutritivas tortillas de teocintle puro.

Posiblemente una de las primeras formas, o tal vez la primera forma, de uso de nuestros teocintles que motivó a nuestros antepasados para la creación del maíz, fue la formación de lo que hoy se conoce popularmente como palomitas de maíz. Siendo la curiosidad una de las principales características que nos distinguen como seres humanos, tal vez una niña o un niño con su enorme interés por conocer el mundo, levantó del suelo una de esas bolitas blancas, la llevó a su boca y encontró una razón para crear el maíz.

La anterior experiencia muestra la importancia de tomar en consideración los atributos culturales del hombre para entender la participación de los grupos humanos en la evolución de los recursos vegetales. La curiosidad es extremadamente importante en el desarrollo de la ciencia. Si ese niño o niña no hubiera tenido la curiosidad de levantar esa bolita blanca y llevarla a su boca, quizá se hubiera tardado mucho más la creación del maíz, o tal vez ni siquiera hubiese sido posible. Al respecto decía el maestro Xolo: "Sin curiosidad no hay preguntas, sin preguntas no hay respuestas, y sin respuestas no hay ciencia en la cual sustentar la evolución de nuestra especie". Además de este importante atributo, la sensibilidad, eso que nos hace sentir a veces la injusticia ante ciertas cosas, y la llamada racionalidad, que tiene que ver con la inteligencia, son los otros dos rasgos distintivos de los seres humanos.

En cuanto a la importancia de las plantas para el hombre, tengamos presente que, desde que somos organismos heterótrofos, dependemos totalmente del proceso fotosintético que realizan las plantas, no sólo para obtener nuestros alimentos, sino también el oxígeno que necesitamos.

La importancia de nuestro país en términos de la biodiversidad ya ha sido resaltada. Con la influencia de plantas de la parte neártica y neotropical, nuestro país es como un puente biológico que ha propiciado el flujo de múltiples *taxa*, favoreciendo, además, la diversidad cultural que aún prevalece.

Respecto a la cultura, en los medios masivos de comunicación se ha enfatizado más la parte folclórica de los pueblos, cuando desde el punto de vista de la investigación científica, lo que más nos interesa es entender el razonamiento implícito en sus formas de seleccionar, manejar y aprovechar sus plantas. Lamentablemente, en varios casos, el conocimiento empírico, la sabiduría de la gente de campo, se está perdiendo incluso más rápido que algunas plantas o animales.

Otro aspecto que históricamente afectó el conocimiento ancestral relativo a la naturaleza fue el saqueo o destrucción de diversos códices, algunos de los cuales fueron quemados. En el Códice Florentino, la colega Erin Ingrid Jane Estrada Lugo encontró información sobre los usos de más de 367 especies. Lamentablemente, muchas de ellas ya no las conocemos en la actualidad. México es un país megadiverso, pero, además, es uno de los centros en los que de manera independiente se originó la agricultura, lo cual no implica lo mismo. Por ejemplo, Australia también es considerado un país megadiverso, pero no se puede señalar como centro de origen de la agricultura.

No obstante, el conocimiento sobre este importante tema ha ido cambiando, de modo que hoy también se acepta que en África existen hallazgos relativos a la introducción de cultivos de varias especies vegetales y animales.

De lo anterior se desprende la idea de considerar los agroecosistemas como la unidad de estudio pertinente a la conservación dinámica de los etnorecursos, ya sean plantas, animales o microorganismos.

Si bien es correcto que nos interese una cierta raza de maíz, de frijol, de calabaza o quizá de amaranto, no debemos omitir las diversas correlaciones (positivas o negativas) derivadas de las interacciones en la dinámica del agroecosistema en su conjunto. En ese sentido, la palabra clave que sugerimos para abordar con la profundidad necesaria este tipo de fenómenos es la transdisciplina, lo cual simplemente quiere decir que, además de que esté un genetista, un fisiólogo, un antropólogo en un equipo de investigación, la gente responsable de su manejo,

es decir, los campesinos, también deben estar involucrados, pero no aplaudiendo (como en los foros políticos), sino influyendo en la toma de decisiones. Estamos generando índices para tratar de establecer prioridades en la investigación de los recursos fitogenéticos, y esto no lo vamos a lograr sin escuchar ni involucrar a la gente del campo en las diversas actividades de la investigación etnobotánica.

El Banco Nacional de Germoplasma Vegetal inicialmente fue apoyado por la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (Conabio), y recientemente, ya durante casi 10 años, por la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (Sagarpa) y el Servicio Nacional de Inspección y Certificación de Semillas (SNICS), por medio del Sistema Nacional de Recursos Fitogenéticos para la Alimentación y la Agricultura (Sinarefi).

En Chapingo estamos conservando varias especies de frijoles, de calabazas; tenemos todas las razas de maíz, materiales de gran consumo en el ámbito nacional como los chiles, etcétera. Algunas muestras de semillas se conservan en los llamados "cuartos fríos"; otras, como parte de proyectos de colaboración con indígenas mayas, en las comunidades de Maní, Yaxcabá y en el Totonacapan.

Aquí el punto es entender que no todas las plantas que existen en el mundo o en una cierta comunidad son reconocidas como recursos; ni siquiera la gente más experta en la zona lo sabe todo respecto al mundo vegetal. Tenemos que entender que éste es el universo en el que nos manejamos, y que, lamentablemente, cada vez se hace más pequeño. Los viejos se están quedando solos, ése es otro problema, y más rápido que el propio germoplasma vegetal, el conocimiento que ellos poseen se está perdiendo.

En el ámbito de la investigación etnobotánica existe un universo de preguntas, muchas de las cuales giran en torno al entendimiento de los sistemas vernáculos de la clasificación de las plantas; otros tratan de contribuir al entendimiento de la domesticación de diversos recursos; en tanto que otros más se ocupan de generar alternativas para el uso sustentable de los agroecosistemas. La exploración etnobotánica no es,

como mucha gente cree, sólo hacer una lista de los usos de las plantas.

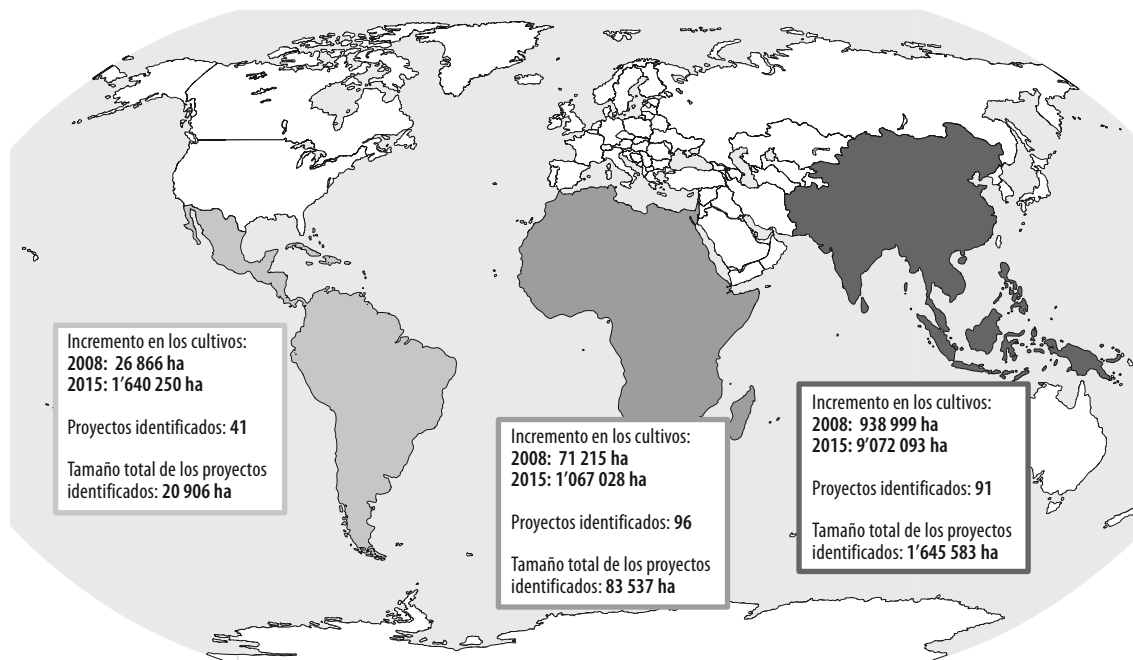
Así, si aceptamos los datos publicados por el doctor Rzedowvsky –de origen polaco, pero mexicano por naturalización desde hace mucho tiempo, tal vez el mejor botánico de nuestro país–, los cuales indican que: "en México existen aproximadamente 30 mil especies de plantas vasculares, pero sólo utilizamos alrededor de 125", tenemos la evidencia del enorme potencial de la investigación relativa a los miles de *taxa* silvestres como nuevas fuentes de alimentos u otros productos de interés antropocéntrico. Lamentablemente, a este tipo de plantas no les ha puesto atención casi ningún agrónomo, quizá algunos biólogos sí le han puesto atención a las más de 25 mil especies silvestres que todavía existen, y sobre las cuales no hay ningún antecedente de investigación. Tristemente, estas especies han sido durante muchos años consideradas parte de la llamada "frontera agrícola".

Lo anterior implica que debemos trabajar con los campesinos. Con los totonacos estamos evaluando el uso integral de *Jatropha curcas*, que en totonaco se llama *chuta*, cuyos aceites sirven para producir biocombustibles, pero no como monocultivo, sino bajo los criterios que los campesinos nos dicen: como tutor y sombra de vainilla, dentro de los cafetales, en asociación con árboles de pimienta mexicana, etcétera.

En otros casos trabajamos con frijoles, con amarantho, nunca de manera aislada. No debemos esperar a que los extranjeros nos digan la importancia de otras especies fitocombustibles, ya tenemos una colección que implica 18 de las 48 especies del género *Jatropha* que existen en México de manera endémica, que pudieran tener una gran importancia para la gente en estas comunidades.

En India ya arrancaron aviones con un biodiésel que producen a partir de *Jatropha curcas*.

En este caso, canalizando nuestra voz por medio de la Cámara de Diputados, debo decir que no tenemos los equipos que quisiéramos tener para hacer estas caracterizaciones más aprisa; ahora con los nuevos aparatos podemos acelerar el proceso de selección

Estudio global de *Jatropha* para WWF, mayo de 2008

Fuente: Elaborado por el ingeniero Edgardo Bautista Ramírez, Departamento de Fitotecnia, Universidad Autónoma Chapingo.

de esos materiales. Necesitamos equipos para obtener información valiosa.

La segunda razón para acelerar este tipo de investigaciones, es que cada vez son menos las áreas en donde crecen las plantas silvestres.

La tercera razón, que ya se ha comentado, es la relativa al número de especies silvestres que existen en México. Es lamentable que, aunque la conservación sea un aspecto importante para los campesinos, son realmente pocos los investigadores formados en nuestras universidades que se relacionan directamente con este aspecto. Puedo contar con los dedos de la mano los cursos vinculados de forma directa con la conservación que se imparten en la Universidad Autónoma Chapingo.

Cuando me preguntan cuál es la mejor opción de conservación, la llamada *in situ* o la *ex situ*, mi respuesta es: "Hagamos todo lo que sea posible en los

refrigeradores y en las parcelas con los campesinos". La diferencia de conservar con los campesinos los materiales es que el proceso de selección sigue vigente.

Sobre algunos aspectos técnicos involucrados en la conservación y mejoramiento genético de los recursos vegetales, es importante evaluar qué tanto influye el ambiente en la determinación de ciertas características (y aquí hay maestros al respecto), si las semillas que queremos conservar son ortodoxas, etcétera. Hemos integrado cinco bancos de germoplasma comunitarios en zonas indígenas, para que la gente tenga ahí la riqueza de sus semillas, de sus recursos vegetales, y ellos sean los que decidan si mandan muestras para conservar al Banco de Germoplasma del Sinarefi o a cualquier otra instancia.

Hay otros recursos, como los mameyes, que tienen semillas recalcitrantes, y que no podemos meter al refrigerador porque se morirían rápidamente. Lo

que estamos haciendo es que ahí, en los huertos de los campesinos, realizamos injertos sobre los árboles sobresalientes, y ellos mismos serían los curadores de esos materiales.

En cuanto a las diferentes amenazas que ya conocemos, sobre los recursos fitogenéticos, se cuentan las siguientes:

- ✦ Erosión genética por la destrucción de la flora silvestre natural
- ✦ Apertura de nuevas tierras al cultivo
- ✦ Cultivo de pocas variedades muy homogéneas
- ✦ Privatización de los recursos genéticos
- ✦ Escaso reconocimiento justo a los poseedores (comunidades), desarrolladores (obtentores), y fitomejoradores empíricos (agricultores)

También hay varios materiales transgénicos que ofrecen interesantes promesas; sin embargo, hay necesidad de evaluarlos con todo cuidado.

Por otra parte, necesitamos prestar atención a la conservación de las plantas silvestres. Por ejemplo, la planta del género *Lupinus* fue domesticada en Bolivia, en donde la consumen como aquí hacemos con nuestros frijoles del género *Phaseolus spp.*, y es, a diferencia de los nuestros, resistente a heladas y con un gran valor nutritivo. Nosotros los vemos nada más en el camino; nos parecen bonitos pero no interesantes.

El sueño dorado para los etnobotánicos es tener nuestros recursos vinculados a la gente. Nos interesa tener las plantas ahí, en sus lugares de origen, pero también a la gente utilizándolas, con sus conocimientos y con su experiencia. Ése es el punto fundamental.

Necesitamos también repatriar materiales de otros países, de otros bancos de germoplasma. Hay proyectos sobre repatriación de la información etnobotánica contenida en diversos herbarios del mundo.

En Chapingo hemos podido, por medio de los llamados jardines agrobotánicos y bancos de germoplasma, conservar un amplio número de *taxa* de algunos materiales considerados de importancia regional, en los diferentes centros regionales de la República.

Las colectas actuales están siendo mantenidas con el apoyo del Sinarefi; se indica que son más de 20 000 las accesiones con que actualmente cuenta el Banco Nacional de Germoplasma Vegetal.

Hay otros cuatro bancos de conservación a corto plazo coordinados por el Sinarefi: *a)* en la Universidad Agraria "Antonio Narro"; *b)* en la Universidad de Guadalajara; *c)* en Oaxaca, en un centro regional de Chapingo; y *d)* el del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, en su campo experimental del Valle de México; pero sólo en Chapingo tenemos la infraestructura para conservar esas semillas a largo plazo y ese banco está a sus órdenes.

Por último permítanme decir –aprovechando la presencia de los productores– que, si quieren contribuir y asegurar la vida de su semilla, de sus plantas importantes, mándenlas con candado, soldadas para conservarlas en el Banco Nacional de Germoplasma Vegetal, de modo que cuando las quieran ir a contar, bienvenidos; pero no las dejen morir, porque eso está pasando. Y ante ello debemos preguntarnos cuál es el sentido del progreso. Si el progreso va en un sentido y nosotros vamos al revés, entonces quizá debemos redefinir el rumbo de nuestras acciones.

La conservación de los recursos fitogenéticos de México y su futuro después de la liberación de organismos genéticamente modificados

*Dr. Rafael Ortega Paczka**

Me centraré en el tema que se me asignó. En particular trataré el caso del maíz, tanto por ser el tema al que más me he dedicado como por el escaso tiempo disponible. Desde luego que solamente anotaré algunas ideas. No se puede ser exhaustivo.

Causas que amenazan y provocan pérdidas de maíces criollos

En primer lugar cabe hacer notar que la pretendida, y tan deseada por Monsanto y compañía, liberación de la siembra de transgénicos a cielo abierto no es la única causa de preocupación y amenaza con respecto a la inigualable riqueza de maíces en México. Hay otras causas que afectan mucho a esa diversidad, como:

1. La importación sin freno de maíz con estímulos bajo la cobertura del Tratado de Libre Comercio de América del Norte.
2. El rechazo del grano de los maíces criollos por parte de Maseca y las otras empresas elaboradoras de harina nixtamalizada.
3. La falta de estímulos a la siembra de maíces criollos, o, mejor dicho, la competencia desleal de los maíces mejorados convencionales apoyados por estímulos crediticios y subsidios.
4. La falta de seguridad y perspectivas en la mayor parte del campo mexicano, lo que lleva a emigrar a los Estados Unidos y a las ciudades mexicanas a millones de campesinos, quienes abandonan a sus familias, sus tierras, sus maíces. Migrantes que padecen sufrimientos sin fin, así como la pérdida de su cultura por la necesidad imperiosa de aportar algunos recursos para el sostenimiento de su familia.

Hay otras causas, como son los apoyos contra la pobreza, que son dinero en efectivo y provocan desaliento en la producción. Los niños participan en las

labores en el campo, entre ellas en el cultivo (causa que debería combatirse).

Todo lo anterior, así como otros procesos, lleva a que se cultive mucho menos maíz de lo que debemos cultivar en el país, para ser al menos autosuficientes, y excedentarios en muchas regiones.

La liberación de cultivos transgénicos es un elemento nuevo y potencialmente dañino a la conservación de los maíces. Uno de los problemas es que no es reversible, ya que una vez que comience, la contaminación va a continuar.

No pueden convivir los maíces transgénicos y los no transgénicos: la contaminación de un maíz transgénico pasará a otros maíces vecinos por efecto del viento; asimismo, brincaré de una región a otra con los maíces que lleven los campesinos de un lado a otro.

La campaña a favor de los maíces transgénicos es una continuación de la llamada "revolución verde", que ponía énfasis en algunas variedades mejoradas y en la maquinaria y en el uso de fertilizantes. Sabemos que la revolución verde no solucionó el problema del hambre, y sí provocó agotamiento de los mantos freáticos; asimismo, provocó ensalitramiento de los suelos, sobrexplotación y contaminación con plaguicidas de los mantos freáticos y otra serie de fenómenos.

¿Qué parte de la superficie cultivada con maíz ocupan las variedades nativas o criollas?

En el país, alrededor de 80 por ciento de la superficie ocupada con maíz es sembrada con semilla obtenida de las cosechas, no toda es de semillas criollas, ya que es importante también la siembra de híbridos acriollados. No hay estadísticas confiables y, a falta de ello, con base en indicios de trabajos de campo propios, calculo que los criollos, que la gente llama legítimos, cubren alrededor de 60 por ciento de la superficie nacional de maíz. Se trata de una superficie que hemos de proteger de manera especial. Hace falta

* Universidad Autónoma Chapingo / Sinarefi / Unión Nacional de Científicos Comprometidos con la Sociedad, A.C.

incluso investigar qué superficie se siembra con maíces criollos, y que yo sepa no hay estudios en marcha al respecto.

Conservación y evolución de los maíces criollos en manos del campesinado

Ahora vamos a pasar a otro tema que se me encargó abordara, el relativo a la conservación de los maíces criollos por el campesinado *in situ* y su evolución. Todo México es centro de origen y diversidad del maíz: la diversidad de esta planta es una riqueza enorme. La principal causa de esa diversidad es la antigüedad de su cultivo. Se cultiva y selecciona en muy diferentes ambientes y para muy diversos usos. Es producto de cerca de nueve mil años de convivencia y evolución de las poblaciones humanas que han ocupado el territorio mexicano, quienes con frecuencia han seleccionado más de una vez al año la semilla; donde se ha sembrado y siembra maíz dos ciclos al año se ha hecho igual número de veces.

Los recientes trabajos de recolecta de maíz ponen en evidencia aun mayor riqueza de la que conocíamos hasta hace poco. Como ustedes saben, el último año se colectaron bastantes maíces criollos, parece que alrededor de 10 000 muestras de maíces criollos distribuidos en la mayor parte del territorio nacional; estos trabajos fueron coordinados por la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (Conabio), y una de las primicias es que apareció nueva diversidad. Ni siquiera acabamos de conocer suficientemente la diversidad del maíz en México y ya la estamos erosionando por las causas anotadas y ahora amenazándola de contaminación con transgénicos.

De esta manera, la conservación y evolución del maíz ha sido un proceso maravilloso que ha permitido a las poblaciones de nuestro territorio subsistir y generalmente progresar. A este proceso de evolución del maíz se le llamaba, hasta hace poco tiempo, evolución bajo domesticación; ahora se ha dado en llamarlo conservación *in situ*, término que se refiere no solamente a la conservación y evolución de recurso vegetal, sino también a la conservación y transmisión de los conocimientos en torno a esos recursos, sus modalidades de cultivo y su uso.

Los móviles de la conservación realizada por campesinos son múltiples y cambiantes. En las décadas pasadas, por discriminación de la Compañía Nacional de Subsistencias Populares (Conasupo), casi desaparece la siembra de maíces amarillos y disminuyó la de grano morado; ahora está aumentando la demanda del mercado y la demanda de semillas criollas de esos colores. Hay interés por maíces para elotes, para forraje de ganado, etcétera.

Un móvil muy importante para la existencia y desarrollo de una cantidad importante de diversidad es la identificación de la familia campesina con su maíz. Dice el productor: “Me gusta que sea así. Yo selecciono la semilla para que sea de esta manera o de la otra, dedicándole a cada variante un uso específico”.

Es importante entender los diferentes y complementarios roles de los individuos y de las comunidades rurales en la conservación y evolución de los cultivares. El individuo, o, mejor dicho, la familia campesina en particular es depositaria y responsable en esencia a corto plazo de las poblaciones del maíz “blanco”, del maíz “amarillo”, del maíz “blandito”, del maíz “ocho hileras”, etcétera.

El monitoreo o seguimiento que hemos hecho durante 15 años de la diversidad de maíz en el sureste del Estado de México, corroborado por observaciones propias en otras regiones, así como por reportes de otros colegas en diversas regiones del país, indica que, a largo plazo, las que conservan la diversidad en realidad son las comunidades y los pueblos indígenas en su conjunto. Con frecuencia, cuando hemos regresado a un lugar para volver a colectar un maíz que resultó interesante por su capacidad productiva o por otras causas, resulta que el agricultor que nos proporcionó determinado criollo la primera vez ya no lo tiene, ya lo perdió, ya siembra otra cosa o ya murió; sin embargo, una muestra muy parecida la podemos colectar con un vecino de la comunidad o de otra comunidad cercana.

Los problemas de la conservación de los maíces criollos en bancos de germoplasma

Ya vimos algo de la conservación por los agricultores, ahora vamos a ver el atraso de la conservación *in*

situ con respecto a la conservación *ex situ* en el nivel mundial. La conservación de los recursos genéticos en general, incluida la conservación de los maíces criollos, se ha planteado bajo dos grandes modalidades: una es la conservación por los propios campesinos, llamada *in situ*, y otra la que se hace en los bancos de germoplasma, llamada *ex situ*.

Voy a reseñar algunos problemas que ha habido en los bancos de germoplasma para evidenciar las deficiencias y que no estemos tan confiados en que esos bancos van a conservar adecuadamente los maíces criollos.

Los trabajos de conservación de los maíces comenzó en México en la década de los cuarenta del siglo pasado y se ha dado preferencia a la conservación *ex situ*, en bancos de germoplasma. En cambio, poca importancia se dio a la conservación por los agricultores, porque a los que promovían la conservación les interesaba tener material de partida para el mejoramiento.

De 1943 a 1953 se colectó bastante diversidad. Sin embargo, los colectores eran extranjeros o jóvenes mexicanos entrenados y coordinados por extranjeros. A veces preguntaban y colectaban solamente "los buenos criollos". Hacían sus recorridos y colectas con mucha prisa: faltaron muchos tipos de maíz por coleccionar y fueron pocos los datos que levantaron.

De 1954 a 1961 hubo poco apoyo. En 1961 se reactivaron los trabajos de conservación y en un inventario que se hizo se encontró que solamente la mitad de las muestras colectadas entre 1943 y 1953 estaban en el banco, las demás se habían perdido.

A principios de la década de los sesenta yo comenzaba a trabajar como investigador auxiliar en el Banco de Germoplasma de Maíz del Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas (INIA – hoy parte del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, INIFAP, de la Sagarpa) y fui testigo de un hecho poco conocido. En lo que en ese tiempo se conocía como el Programa Internacional de Maíz, que poco después formó parte del Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT), los estadounidenses consideraron que no tenía caso conservar

muestras de maíces colectadas con los campesinos, que los bancos de germoplasma eran "bancos de genes", que mejor había que mezclar las muestras parecidas y conservar "compuestos de colectas". Empezaron a hacer sus compuestos y se deshicieron de mucho material. Poco después se dieron cuenta de su error y solicitaron al INIA, es decir, a nosotros, que les proporcionáramos mil muestras de maíces del trópico mexicano porque ellos ya las habían perdido, material que se les proporcionó.

A principios de los sesenta, como parte del interés por impulsar la agricultura campesina, renació el interés por los maíces criollos mexicanos, se trabajó intensamente en la recolecta y renovación de semilla, y el Banco de Germoplasma de Maíz del INIA llegó a contar con 11 000 muestras, pero no se dotó a la colección de una mejor cámara de refrigeración. Hubo planes pero no se hizo. Las cámaras en las que está la colección de maíz del INIFAP, hasta la actualidad, son instalaciones establecidas alrededor de 1950, con muy pocas adecuaciones.

En Caleras, Zacatecas, construyeron unas instalaciones en los años ochenta que resultaron un elefante blanco y nunca se pudieron utilizar. Se conservaba más el maíz fuera de las cámaras de refrigeración que adentro.

En los años noventa, hace unos veinte años, con financiamiento extranjero, se llevaron a cabo importantes trabajos de experimentación de los maíces criollos; se identificaron los criollos más productivos del país. Una vez que se supo cuáles eran los mejores criollos y que los mismos estaban en poder de Pioneer y otras compañías extranjeras, nos dejaron de dar apoyo. Después pude observar cruces de nuestros mejores materiales con líneas estadounidenses en Iowa, Estados Unidos.

En este último año, bajo la coordinación de Conabio, se han colectado muchas muestras de maíz; sin embargo, no está segura su conservación. Se están conservando en diferentes bancos. Se ha anunciado la construcción de un banco de germoplasma supuestamente adecuado en un campo experimental del INIFAP en Jalisco, parece que es en Tepatitlán. Sin embargo, las muestras ya se coleccionaron y el banco

todavía no se termina. No se ha preparado al personal adecuado para ese proyecto y los expertos en recursos genéticos de maíz no han intervenido en la elaboración del proyecto del nuevo banco.

Una característica de los trabajos en recursos fitogenéticos en bancos de germoplasma es que se congela la variación, ya no evoluciona.

En conclusión: la conservación de los maíces mexicanos en bancos de germoplasma que ha tenido lugar en los últimos 70 años, salvo en periodos cortos, ha sido muy deficiente, y en la actualidad continúa esa situación. Los bancos de germoplasma están bastante lejos de contribuir significativamente a la conservación adecuada de nuestros maíces criollos. La experiencia indica que la mejor manera de conservar nuestros maíces criollos es en manos de los campesinos.

En cuanto a la conservación con agricultores, estos trabajos empezaron en México apenas en 1995 y se tienen algunos avances. Estamos elaborando un libro sobre las experiencias que se han tenido al respecto.

Observaciones a los planes de trabajo en conservación de maíces criollos con miras a justificar la liberación de transgénicos

En este foro, incluso en esta misma mesa, va a haber una presentación del Proyecto Maestro de Maíces Mexicanos, en donde *colaboran* campesinos, afiliados a la Confederación Nacional Campesina (CNC), con Monsanto. Una de las acciones de este proyecto es dar compensaciones a campesinos de forma individual, a quienes se les da el nombre de *custodios* de sus propios maíces criollos. Al respecto hago la observación de que la conservación a largo plazo recae más bien sobre las comunidades que sobre los campesinos en lo individual, los cuales, a pesar de su relevancia, son transitorios. Una crítica aún más grave a ese proyecto es que se compromete a los campesinos a usar los transgénicos, lo que es incompatible con la conservación de los criollos.

Al proyecto de redes mexicanas de laboratorios y monitoreos de los organismos genéticamente modificados le hice una observación importante en la reunión sobre políticas públicas sobre conservación de

maíces criollos mexicanos, organizada por la CibioGem en el estado de Morelos, a principios de 2009. Por cierto, esta reunión se realizó a puerta cerrada, prácticamente en vacaciones de fin y principio de año y lejos de donde hubiera críticos. Mi crítica consistió en la observación de que esos laboratorios podían pertenecer a las empresas particulares, especialmente a los grandes monopolios; entonces el monitoreo y el seguimiento a los organismos genéticamente modificados lo van a hacer las mismas empresas.

Puntos finales

La conservación *in situ* que han llevado a cabo los campesinos durante milenios ha resultado sumamente adecuada para la evolución bajo domesticación del maíz y para el desarrollo de las sociedades del territorio nacional.

No se encuentra en la actualidad, ni se vislumbra a corto plazo, otras alternativas para sustituirla, y apenas se están generando concepciones para fortalecer esa labor con múltiples medidas dentro de programas de desarrollo rural. La conservación *in situ* no se puede abordar por separado, como lo quieren hacer los del Proyecto Maestro de Maíces Mexicanos; la conservación *in situ* se hace dentro de los programas de desarrollo rural en su conjunto.

La conservación de la diversidad de bancos de germoplasma es una actividad relativamente reciente en el país (los últimos 70 años), y ha enfrentado múltiples obstáculos y deficiencias.

Lo que procede es impulsar la moratoria indefinida a la siembra de transgénicos y desarrollar el régimen de protección al centro de diversidad de origen del maíz, que es todo México.

Aprobar la liberación de maíces transgénicos sería iniciar un camino sin regreso. Los planes y medidas diseñados para amortiguar el efecto de la liberación de los cultivares transgénicos de maíz no son adecuados al propósito señalado, se están diseñando e implementado a la carrera; son medidas aisladas y la experiencia indica que tendrán poca efectividad y que en cambio se corromperán y corromperán aún más en el contexto de la intervención del Estado mexicano

en estos asuntos. Canalizar dinero, como un subsidio más, para la conservación, sin otras medidas, es incidir indebidamente en la conducción del maíz por los propios agricultores.

Los planes y medidas que se están implementando para supuestamente garantizar la conservación de la diversidad de maíces criollos, planes y medidas que

se llevan en tiempo y forma paralelos a los planes de liberar la siembra de transgénicos, parecen responder más bien a cubrir formalmente los requisitos establecidos por el ilegal Reglamento de la Ley de Bioseguridad de Organismos Genéticamente Modificados, que a abordar los problemas que causará la liberación y promoción, en gran parte con fondos públicos, de la siembra de esos cultivares transgénicos.

El Sistema Nacional de Recursos Fitogenéticos para la Alimentación y la Agricultura

M.C. Rosalinda González Santos*

El Sistema Nacional de Recursos Fitogenéticos para la Alimentación y la Agricultura (Sinarefi) es un programa de la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (Sagarpa), coordinado por el Servicio Nacional de Inspección y Certificación de Semillas (SNICS) desde 2002, con base en la Ley de Desarrollo Rural Sustentable, artículo 102, fracción I.

Es un mecanismo que promueve la participación de todos los actores vinculados para favorecer la conservación y aprovechamiento de los recursos fitogenéticos para la alimentación y la agricultura (RFAA)¹ a fin de garantizar la preservación de la riqueza genética del país y alcanzar beneficios con su aprovechamiento.

El Sinarefi estableció como guía un plan de acción con cuatro áreas estratégicas:

1. Conservación *in situ*: es decir, el resguardo, mejora y utilización de los recursos fitogenéticos para la alimentación y la agricultura en su hábitat natural;
2. Conservación *ex situ*: conservación de los recursos fitogenéticos fuera de su hábitat natural, en cuartos fríos, plantaciones en campo, jardines botánicos, o mediante otras técnicas;
3. Uso y potenciación (aprovechamiento): búsqueda del valor agregado que tienen nuestros cultivos nativos, que permitan fomentar su uso y por lo tanto su conservación; y
4. Sensibilización a la opinión pública: se trabaja en la difusión para el conocimiento de la riqueza fitogenética del país, mediante la elaboración de talleres, videos, manuales, carteles y calendarios.

En relación con los resultados relevantes del plan de acción se mencionan los siguientes:

1. En el área estratégica de conservación *in situ* se tienen avances significativos: se realizaron los diagnósticos de 39 cultivos nativos de México con la finalidad de conocer la situación actual y con ello proponer planes estratégicos para su aprovechamiento y conservación. En mejoramiento participativo la Red Maíz ha incrementado el rendimiento de razas criollas de México; por ejemplo, en Chalco, Estado de México, el Colegio de Posgraduados ha incrementado el rendimiento de la raza chalqueño de 4 toneladas por hectárea a un rango de 8 a 10 toneladas por hectárea. Además, se iniciaron actividades de pago por servicios de conservación de 52 razas criollas de maíz con la participación de al menos 250 productores en todo el país.
2. En conservación *ex situ* se tiene un acumulado de aproximadamente 28 000 accesiones en la Red Nacional de Bancos de Germoplasma, de las cuales se va a enviar un duplicado al Centro Nacional de Recursos Genéticos (en proceso de construcción en Tepatlán, Jalisco), con la finalidad de tener un resguardo de semillas en caso de catástrofes.
3. En relación con el uso y potenciación se tiene la identificación de componentes bioplaguicidas en el cempasúchil; en el chayote se han identificado propiedades anticancerígenas; y en el maíz, propiedades antioxidantes y para la disminución del colesterol. Se realizó el registro de variedades de uso común en el Catálogo Nacional de Variedades Vegetales (CNVV) ante el SNICS, con la finalidad de evitar la biopiratería, contamos con un acumulado de 139 variedades: destacan 50 de nopal, 20 de cempasúchil, 10 de chayote, 10 de pitaya, 10 de aguacate, entre otras.
4. Se han llevado a cabo diversas actividades como: ferias de semillas, demostraciones en campo, muestras gastronómicas y talleres dirigidos principalmente a productores, además de la elaboración de trípticos, folletos, calendarios, manuales, videos, etcétera, para la difusión y conocimiento de los recursos fitogenéticos del país.

* Coordinadora, Sistema Nacional de Recursos Fitogenéticos para la Alimentación y la Agricultura-Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (Sinarefi-Sagarpa).

¹ Los recursos fitogenéticos para la alimentación y la agricultura (RFAA) son el grupo de plantas cultivadas que nos proveen alimento, vestido, medicinas, combustibles, entre otros bienes. Se incluyen también las plantas que no se cultivan, pero que se usan como alimento.

Proyecto Maestro de Maíces Mexicanos
Presentación de resultados de tres años de trabajo en el estado de Puebla

M.C. José Luis Herrera Ayala*

Introducción

En la familia campesina la decisión de emigrar, o no, depende fundamentalmente de la posibilidad de ingreso que su permanencia en el medio rural le asegure. Aunque también influyen en las decisiones de permanencia en la unidad de producción, de los diferentes integrantes de la familia, variables sociodemográficas, como edad, sexo, grado de escolaridad, así como servicios de salud y educación presentes en la comunidad rural.

Ciertamente la unidad de producción familiar campesina está marcada por una estrategia de ajuste; no sólo para responder a la emigración de la fuerza de trabajo, también para enfrentar el característico riesgo de la agricultura de temporal que generalmente practican. El Proyecto Maestro de Maíces Mexicanos (PMMM) ha constatado durante los tres años de su ejecución en el estado de Puebla, que la emigración de la parte fundamental de la fuerza de trabajo familiar, la incertidumbre del temporal y las heladas tardías o tempranas, cuestionan seriamente la conservación de razas y criollos de maíz, la seguridad alimentaria y las posibilidades de desarrollo de las familias campesinas.

Las lecciones aprendidas por el PMMM durante tres años en Puebla y uno más en Tlaxcala han posibilitado que, sin perder su esencia en el sentido de la protección y aprovechamiento sustentable de la diversidad genética expresada en las razas y criollos de maíces mexicanos, se haya enriquecido como un programa de desarrollo rural que se propone coadyuvar al mejoramiento de la calidad de vida de las familias de los campesinos custodios de razas y criollos de los maíces mexicanos.

El Proyecto Maestro de Maíces Mexicanos está concebido para transformar el horizonte de las comunidades

campesinas e indígenas que con su persistencia han preservado la riqueza contenida en la diversidad genética de sus maíces. Ellos merecen tener una identidad como conservadores de esta riqueza. Una identidad que sea valorada por la sociedad nacional y el resto del mundo, fundamentada en un desarrollo tangible, pleno de viabilidad, calidad de vida y certidumbre para ellos y sus comunidades.

Esencia y propósito del PMMM son coherentes con la estrategia: la conservación *in situ*, previa caracterización y evaluación de las razas y criollos de maíz cultivados en el territorio georreferenciado de los custodios; la capacitación y la organización campesina en un proceso de apropiación del proyecto como un instrumento para su propio desarrollo por parte de los custodios de los maíces mexicanos; y la conservación *ex situ*, asistida por una institución de investigación y enseñanza agrícola superior.

En efecto, el Proyecto Maestro de Maíces Mexicanos mediante alianzas con instituciones de investigación y universidades busca en la investigación y desarrollo para maíces de especialidad, construir mercados nacionales e internacionales y nuevas cadenas de valor agroindustrial, con todas las promesas de bienestar que esto representa para los campesinos mexicanos.

El PMMM y sus resultados no serían posibles sin la existencia de la Confederación Nacional de Productores Agrícolas de Maíz de México (CNPAMM), organización campesina realmente existente, productora y recreadora de identidades y cuya acción se encamina en el Proyecto a redescubrir el territorio como mucho más que condiciones fisiográficas, y la identidad, más que folclore étnico.

La Confederación valora enormemente la conservación de los recursos fitogenéticos, pero no al margen de quienes en armonía con la naturaleza han sido sus diseñadores. Por esta razón concibe la sustentabilidad como una totalidad contextuada en espacios y procesos construidos y animados de alguna forma

* Director general del Proyecto Maestro de Maíces Mexicanos.

y en diferentes magnitudes por la organización campesina. La organización campesina concebida como instrumento para la acción social y considerada bastión en el encuentro con otros actores sociales, espacio de maduración de la acción colectiva que fortalece los esfuerzos por el desarrollo de su territorio.

Con una visión de alcance nacional, que inicia en Puebla, el Proyecto Maestro de Maíces Mexicanos se orienta de manera estratégica a desarrollar una mayor viabilidad y calidad de vida de las comunidades productoras, sustentada en la conservación y puesta en valor de la riqueza genética de los maíces mexicanos, en áreas definidas y especialmente protegidas, en beneficio directo de aquellos que los han preservado. El PMMM surge del reconocimiento del valor que tiene la aportación que los productores de las razas y criollos hacen a la riqueza de la nación.

Como todos sabemos, México es centro de origen y diversidad del maíz en el mundo; de hecho, en el estado de Puebla es donde se han encontrado los vestigios más antiguos, y recientemente en otros estados como Oaxaca. A pesar de esto, en nuestro país carecíamos de estrategias por parte del Estado y de la sociedad para su preservación y multiplicación. El Proyecto Maestro de Maíces Mexicanos es la respuesta integral que hacía falta y que hoy, con tres años de operación, ha logrado ya resultados extraordinarios.

Por primera vez en la historia de México se ha desarrollado y puesto en marcha un proyecto integral capaz de proteger la riqueza de los maíces mexicanos, junto al crecimiento tangible de la calidad de vida de los productores custodios y sus comunidades. No se puede concebir lo primero sin lo segundo.

De manera precisa el PMMM estableció alianzas estratégicas con:

- ✦ La Confederación Nacional de Productores Agrícolas de Maíz de México
- ✦ El gobierno del estado de Puebla
- ✦ La Universidad Autónoma Agraria "Antonio Narro"
- ✦ El Laboratorio Nacional de Genómica para la Biodiversidad del Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional (CINVESTAV)

- ✦ El Centro de Estudios para el Desarrollo Rural Sustentable y la Soberanía Alimentaria de la Cámara de Diputados (CEDRSSA)
- ✦ Semillas y Agroproductos Monsanto
- ✦ AgroBIO México
- ✦ Fundación Produce Puebla
- ✦ Sistema Nacional de Recursos Fitogenéticos (Sinarefi)
- ✦ Gobierno del Estado de México

Resultados

Después de un exhaustivo proceso de exploración y diagnóstico en cada una de las cuatro regiones que el PMMM estableció en el estado de Puebla, se realizaron 1 100 colectas en donde se encontraron 12 razas de maíz, de las cuales seis ya estaban descritas por Wellhausen, desde los años cincuenta, como las razas de maíz de Puebla (arrocillo, cacahuacintle, palomero, cónico, pepitilla y bolita).

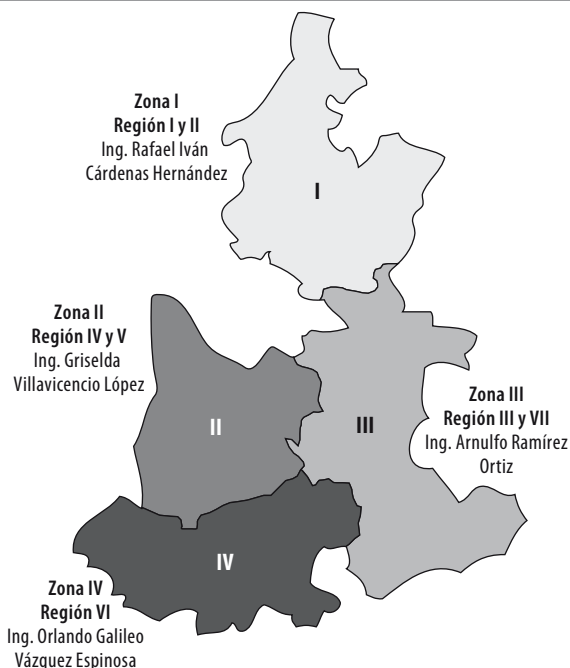
Las otras seis razas encontradas por los investigadores del PMMM (tabloncillo, conejo, ancho, zapalote chico, elotes occidentales, chalqueño) son el resultado del intercambio de semillas de las comunidades productoras y de sus procesos de emigración.

De las 1 100 colectas realizadas, se seleccionaron 174 criollos más, porque éstos tienen un valor especial para los productores. En cada región donde se identificaron las razas y criollos sobresalientes se organizaron asociaciones agrícolas por municipio, las cuales tienen la responsabilidad de resguardar estas razas y criollos, que se integraron para formar las sociedades de producción en el nivel regional.

Con cada uno de los maíces en red se establecieron parcelas en las cuales, en forma conjunta (técnico y productor), se tomaron datos de planta, mazorca y grano durante tres años consecutivos. A la fecha contamos con una base de datos muy amplia, y está por concluirse la huella genética de los 186 maíces en custodia.

La función de estas redes, apoyadas por las acciones integrales del PMMM y un acompañamiento técnico puntual, es la de fortalecer la capacidad de cada comunidad para mantener la vitalidad del germoplasma que custodian.

Distribución de áreas para su atención en el estado de Puebla



Los productores custodios que resguardan estos maíces se han organizado en cuatro sociedades de producción rural, debidamente constituidas y con asesoría especializada. Con la participación de los custodios, se diseñaron proyectos de desarrollo rural para cada una de las regiones donde opera el PMMM.

Proyectos prioritarios identificados

- Almacenamiento de agua de lluvia

- Restauración y conservación de suelos
- Producción de lombricomposta
- Sistemas de riego con agua de lluvia
- Mecanización agrícola
- Sistema propio de ahorro y crédito
- Centro de acopio y distribución de insumos

Estos proyectos se fundamentan en la información derivada de estudios de estratificación socioeconómica realizados en cada una de las comunidades productoras registradas hasta el día de hoy por el PMMM en el estado de Puebla.

En alianza estratégica con el Laboratorio Nacional de Genómica para la Biodiversidad del CINVESTAV, está en marcha ya el proyecto de huella genética y se determinarán otros usos potenciales de estos maíces para generar procesos de comercialización y de valor agregado. Es fundamental dejar muy claro que los derechos inherentes a la propiedad intelectual derivada de estos estudios e investigaciones, así como de cualquier otro, invariablemente se constituirán a favor de las redes de custodios para su uso y beneficio.

La evaluación de las razas y los criollos realizada en 2008, 2009 y 2010 ha generado resultados valiosos y suficientes para identificar en cada región cuál de los criollos es el material adecuado y con el mejor potencial para utilizarse como variedad sobresaliente a fin de impulsar su comercialización en beneficio de los productores custodios.

Es importante señalar que el esfuerzo realizado y los resultados obtenidos ya han rendido frutos, ya que en el mes de octubre de 2009, el Proyecto Maestro

Resumen de productos obtenidos

Región	Organizaciones campesinas en red	Razas y criollos caracterizados y evaluados
Sierra Norte de Puebla (9 municipios)	Campeños Independientes de la Sierra Norte de Puebla S.P.R. de R.L. (111 socios)	Arrocillo, cacahuacintle, tabloncillo, chalqueño, bolita, cónico, tablilla de 8
Centro (10 municipios)	Tlaxcala, Alimento Regional del Centro S.P.R. de R.L. (147 socios)	Cacahuacintle, chalqueño, bolita, pepitilla, ancho, cónico
Altiplano (9 municipios)	Camino a las Estrellas S.P.R. de R.L. (112 socios)	Cacahuacintle, chalqueño, elotes cónicos, arroceño, palomero
Mixteca poblana (9 municipios)	Ñuu Tesaa S.P.R. de R.L. (116 socios)	Bolita, pepitilla, ancho, zapalote chico, conejo

Están establecidas 186 parcelas en tierras de otros tantos custodios; con 12 razas y criollos de interés para los productores como es el caso del maíz chino, montañero, cristalino, entre otros.

de Maíces Mexicanos recibió el premio AgroBIO 2009, como el mejor proyecto sobre el conocimiento, aprovechamiento y conservación de la biodiversidad. A la fecha, en el año 2010, y como producto de las gestiones realizadas, las cuatro sociedades de producción rural (con representación regional) han recibido apoyos para la producción de lombricomposta, silos para almacenamiento de granos y mochilas aspersoras.

Para replicar esta experiencia en otros estados, hemos iniciado de manera parcial en 2010, con colectas de

razas y criollos en el estado de Tlaxcala y para 2011 se están gestionando fondos para iniciar en el Estado de México.

Equipo Técnico del PMMM: M.C. Ma. Cristina Vega Sánchez Garza, Ing. Raymundo Cuéllar Chávez, Ing. José Luis Guerrero Ortiz, Héctor Carlos Salazar Arriaga, Ing. Yesenia López López, Ing. Griselda Villavicencio López, Ing. Arnulfo Ramírez Ortiz, Ing. Orlando Galileo Vázquez Espinosa.

Consultores: Dr. Samuel Peña, M.C. Luis Cruz Nieva, M.C. Héctor Carlos.

El maíz mexicano, patrimonio de la humanidad

T. Ángel Kato Yamakake,* Fernando Castillo González* y J. Antonio Serratos Hernández**

En la actualidad se reconoce que el origen, domesticación y diversificación primigenia del maíz ocurrió (y sigue ocurriendo evolución bajo domesticación) entre México y Guatemala, la mayor parte de lo que se conoce como Mesoamérica. En este territorio se han planteado cinco centros de origen y domesticación del maíz a partir de su ancestro, el teocintle:

1. Entre Oaxaca y Chiapas se domesticó un tipo de germoplasma primigenio de maíz denominado "complejo zapalote"; este germoplasma fue distribuido, mediante migración, a todo lo largo del territorio costero del Pacífico hasta Sonora.
2. En la parte occidental de Oaxaca se originó un segundo germoplasma, el "complejo tuxpeño", que fue movilizadado al oriente, a toda la costa del Golfo de México; al occidente, a Guerrero, Michoacán y Jalisco; y al norte, a la Mesa Central.
3. La región de altitud media entre Morelos, Guerrero y el Estado de México fue otro centro de domesticación, el "complejo pepitilla", que principalmente emigró hacia el norte hasta Guanajuato y de ahí al occidente a Jalisco.
4. En la región alta de México se originó otro germoplasma, el "complejo Mesa Central", que emigró principalmente hacia el norte y también al occidente de México.
5. En los altos de Guatemala fue domesticado otro germoplasma primigenio, el "complejo Altos de Guatemala", que solamente emigró a las regiones contiguas.

Este modo multicéntrico de origen del maíz primigenio, y las rutas de dispersión que cada uno de ellos siguió, permitieron que en diferentes territorios convergieran más de uno de los germoplasmas primigenios, lo cual dio lugar a la hibridación entre ellos y

produjo poblaciones con nuevas combinaciones genéticas, lo que aprovechó el hombre para seleccionar nuevos tipos raciales. De esta manera se formaron cuatro centros de diversificación racial primordial:

1. En el territorio entre Oaxaca-Chiapas-Guatemala;
2. El occidente de México;
3. La región de altura de la Mesa Central; y
4. La región del suroeste de Chihuahua.

Posteriormente, los movimientos de los materiales formados en los centros de diversificación deben haber sido complejos, pero siempre dieron origen a hibridaciones y a nuevas combinaciones genéticas raciales e intermedios entre razas como es lo que encontramos en el maíz actual. Este es el panorama simplificado de lo que, hasta la fecha, se ha determinado para Mesoamérica.

Rutas de dispersión del maíz

Diversos germoplasmas originales de Mesoamérica siguieron rutas de dispersión a distintas regiones sudamericanas, posiblemente en diferentes épocas, de las siguientes maneras generales: por migración a lo largo del istmo centroamericano, tres tipos de germoplasmas originales del sureste de México y Guatemala (complejo zapalote, complejo tuxpeño, y el complejo Altos de Guatemala) pudieron haber sido introducidos a Venezuela y formar nuevas entidades raciales como los *coastal tropical Flint*, Tuson y los Catetos que poblaron la costa oriental sudamericana hasta Argentina. Del oriente de Venezuela migraron algunas de estas razas hacia las islas del Caribe.

Otra ruta importante de dispersión de maíz prehistórico de Mesoamérica fue a la región de altura de la cordillera de los Andes, desde el sur de Colombia hasta el norte de Chile y las alturas de Argentina. Esta región alta de Sudamérica posee razas de maíz que en sus cromosomas no presentan nudos cromosómicos con excepción de dos, uno pequeño en el brazo largo del cromosoma 7 y otro, también pequeño, en el brazo largo del cromosoma 6. Esta es una evidencia de que este

* Colegio de Posgraduados, Recursos Genéticos y Productividad, especialidad en genética, Montecillo, Estado de México.

** Universidad Autónoma de la Ciudad de México, Colegio de Ciencias y Humanidades.

germoplasma originalmente fue introducido de los Altos de Guatemala, donde predominan los cromosomas sin nudos y con nudos pequeños. Se conoce que la región andina de Venezuela tiene maíces diferentes del resto de los Andes, por la frecuente presencia de los nudos medianos y grandes en sus cromosomas.

Por otro lado, se ha encontrado que las razas de maíz de altitudes bajas de la costa del Pacífico de Sudamérica son distintas de las andinas, no solamente desde el punto de vista morfológico de la planta y la mazorca, sino también del citogenético, es decir, de la estructura de sus cromosomas, que tienen un mayor número de nudos cromosómicos y de tamaños diferentes. Posiblemente estos maíces costeros fueron introducidos en el pasado prehistórico desde regiones occidentales de México.

Después de miles de años de haberse distribuido el maíz en todo el continente americano, ya muy desarrollado y diversificado cultural y agrícolamente, fue llevado a los otros continentes, principalmente en tiempos posteriores a su descubrimiento por los europeos.

México, reservorio natural del maíz

Por todo este historial milenario se puede ver claramente que Mesoamérica, y muy especialmente México, fue y, lo más importante, sigue siendo el reservorio mundial de este recurso genético: nuestro país tiene nada menos que 60 razas clasificadas, con la posibilidad de que aun sean más, con la variación genética dentro de cada raza, además de infinidad de variantes intermedias entre razas. Esto constituye un formidable patrimonio que ha costado milenios para originarlo y diversificarlo hasta lo que actualmente hemos heredado de los antepasados nativos de los mexicanos. Perder este patrimonio o ponerlo en riesgo, principalmente estando consciente de que puede ocurrir, sería el mayor acto de irresponsabilidad que pueda hacer la humanidad, y en especial los mexicanos, contra el sustento que dio vida a todas las civilizaciones del continente americano. Es uno de los tesoros invaluable que el hombre ha creado y que tiene la obligación moral de mantenerlo y transmitirlo a las generaciones futuras. No hacerlo sería traicionar a nuestros antepasados y mostrarnos egoístas ante nuestros

descendientes cercanos e históricamente ante los del futuro.

¿Cómo heredar este patrimonio genético que a su vez hemos heredado? Lo más lógico y apropiado es que se le permita evolucionar como lo ha hecho en el pasado y hasta el presente, dejando que su contenido genético continúe variando y coadaptándose en los diferentes ecosistemas agrícolas manejados por el hombre. Esto no es ni ha sido fácil. Desde que logró domesticar al maíz, la humanidad luchó para conservarlo porque vio que le era indispensable como alimento y que mediante su cultivo, junto con el frijol, la calabaza y el chile, podía reducir, gradualmente, su actividad de cazador-recolector para convertirse en sedentario; de esa forma también experimentó un cambio de vida que le permitió desarrollar las civilizaciones que hoy tanto admiramos.

El maíz mexicano como patrimonio de la humanidad

Por todo lo que se ha dicho, México es, y seguirá siendo, un reservorio natural de muchos recursos genéticos, pero fundamentalmente del maíz. Con toda justicia se le debería llamar “banco natural de maíz *in situ*” y como tal proponemos que se le considere uno de los grandes patrimonios alimentarios de la humanidad. De acuerdo con el Comité del Patrimonio de la Humanidad de la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO) –establecido para la protección de la herencia cultural y natural de la humanidad–, para que un lugar pueda ser considerado e incluido en la lista de patrimonios de la humanidad debe tener un “sobresaliente valor universal”. Este requisito parece ser el más fácil de satisfacer por el maíz mexicano; ¿quién duda de que este cereal originado y domesticado dentro de lo que se ha llamado Mesoamérica, principalmente dentro de lo que actualmente se conoce como México y su país vecino, Guatemala, tiene un valor inconmensurable que desde milenios atrás ha alimentado y sigue alimentando a miles de millones de personas y animales domésticos y ha sido la base del desarrollo y sustento de muchas civilizaciones en el mundo? ¿Quién duda que el maíz sea el de mayor cultivo por su gran capacidad de adaptación, desde el ecuador hasta altas latitudes, desde el nivel del mar hasta altitudes de

cerca de los 4 000 metros y desde los trópicos hasta regiones polares? ¿No es la planta que mayor utilidad industrial tiene? ¿Estas consideraciones no son suficientes para que el maíz sea catalogado como de un “sobresaliente valor universal”?

Además del requisito primordial del Comité del Patrimonio de la Humanidad, existen otros diez criterios de selección, de los cuales, además de ser de sobresaliente valor universal, por lo menos uno de ellos debe satisfacerse para ser seleccionado como candidato para formar parte de la lista de patrimonios de la humanidad. El maíz no solamente satisface uno de los diez criterios adicionales sino varios; analicemos tres de ellos: *a)* en relación con el criterio III, que pide “...aportar un testimonio único o al menos excepcional de una tradición cultural o de una civilización existente o ya desaparecida”, tenemos los casos de las civilizaciones maya y teotihuacana que se desarrollaron con base en el maíz y cuyas edificaciones monumentales muestran lo grandioso que fueron esas culturas en Mesoamérica; *b)* en el caso del criterio VI, “...estar directa o tangiblemente asociado con eventos o tradiciones vivas, con ideas, o con creencias, con trabajos artísticos y literarios de destacada significación universal”, se pueden mencionar muchas tradiciones de festividades y de rituales asociados al maíz que perviven en muchos pueblos mexicanos; sin embargo, en este aspecto existe un punto que normalmente olvidamos, es el relacionado con el hecho de que la planta de maíz ha sido modelo entre los vegetales en las investigaciones que han hecho posible el avance de la genética como disciplina científica; y *c)* el criterio IX que pide “...ser ejemplo eminentemente representativo de procesos ecológicos y biológicos en curso en la evolución y desarrollo de los ecosistemas...”, esto se muestra por el cultivo tradicional del maíz en asociación con otros cultivos (milpa) como el frijol, la calabaza y otras plantas que, aun cuando no son propiamente cultivos, se mantienen en esa asociación por ser de utilidad alimentaria (por ejemplo los quelites) o de otra naturaleza (por ejemplo medicinales); este tipo de ecosistema actualmente se sigue practicando con regularidad en muchos lugares de México.

Por otra parte, con sus 60 o más razas, México posiblemente sea el país que más variación genética posee y que, de manera directa o indirecta, provee

dicho recurso genético a los mejoradores de México y del mundo. Esto es importantísimo para la humanidad porque existiendo este recurso genético mexicano, el mundo estará a salvo ya que siempre tendrá materia prima fresca para mejorar este cultivo en los países donde, por una u otra causa, se pierda o se deteriore la productividad. Esta es la principal razón por la que este recurso genético debe ser mantenido sin exponerlo, dentro de lo posible, a ningún tipo de riesgo, a corto, mediano o largo plazos.

Productividad del maíz y soberanía alimentaria

Una vez que el maíz nativo mexicano haya logrado estar dentro de la lista de patrimonios de la humanidad, ¿cómo podría ser conservada la gran variación varietal y racial existente en México y a la vez incrementar la productividad y producción del maíz mexicano y así lograr la soberanía alimentaria del país, sin exponer a riesgos innecesarios este invaluable recurso genético que ha sido heredado por los domesticadores ancestrales milenarios de los mexicanos? Aparentemente la solución es utópica; sin embargo, es muy factible si hay voluntad de lograrla.

Por una parte, nuestros mejoradores de maíz han encontrado que entre las variedades de diferentes razas de maíz nativo de México existen poblaciones que superan la capacidad de productividad de muchos híbridos con los que se han comparado en ensayos experimentales llevados a cabo expresamente con ese objeto. Entonces, tenemos la materia prima para desarrollar proyectos extensos y a largo plazo de mejoramiento del maíz nativo, primero por localidades y seguido por planes regionales. Este mejoramiento es el denominado “participativo”, en el que los propios pequeños productores colaboran con los mejoradores en las actividades experimentales que se desarrollan en sus propias parcelas. Lo que se necesita es que las autoridades de los tres niveles de gobierno también participen otorgando los recursos financieros necesarios para este gran proyecto nacional. La meta por principio sería bastante modesta, pero de mucho impacto, porque sería suficiente como para duplicar la producción promedio nacional, que actualmente es de 1.5 a 2.0 toneladas por hectárea, y llevarla a unas 3.0 toneladas por hectárea, con lo cual posiblemente se logre satisfacer la demanda interna de maíz.

Por otro lado, nuestros colegas agrónomos estudian la posibilidad de que en el sureste de México se utilicen sustentablemente tierras arables para el cultivo de maíz, por la abundancia de agua que existe en esa región. Además, una ventaja que se tiene en el trópico es que pueden llevarse a cabo al menos dos ciclos de cultivo por año. Con la producción obtenida se podría convertir a México en un país autosuficiente en maíz y considerar que en el futuro el país podría ser autosuficiente e incluso exportador en lugar de importador de este grano. Desde luego que para llevar a cabo este otro gran proyecto nacional deben hacerse las inversiones correspondientes.

Conforme se vayan logrando los objetivos de estos proyectos, primero en localidades y después regionalmente, se harían evidentes nuevos beneficios como consecuencia de esos logros: poco a poco se iría reduciendo la pobreza, principalmente en el campo y, consecuentemente, la misma tendencia tendría la migración de su gente al exterior.

Conclusiones

Estamos convencidos de que el maíz mexicano históricamente se ha ganado el derecho de ser nominado, y potencialmente aprobado, como patrimonio de la humanidad por parte de la UNESCO. Este sería el más justo reconocimiento que la humanidad puede otorgar a los ancestros de los mexicanos, por haber originado y domesticado al maíz como un invaluable recurso genético que ha beneficiado a toda la humanidad, pasada y presente.

Los millones de campesinos y agricultores mexicanos tradicionales, en pequeña escala, quienes han preservado la diversidad del maíz hasta nuestros días, son los que podrían seguir conservando la gran variación genética del maíz y lograr la suficiente producción de dicho cereal como para resolver definitivamente los problemas de alimentación y de pobreza que padece México, siempre y cuando dispongan de los recursos y la tecnología necesarios.

Estrategias alternativas de conservación del maíz nativo en México

Dr. Fernando Castillo González*

Acciones sobre el maíz genéticamente modificado y algunas incongruencias

Creo que vamos a engranar lo que se ha venido comentando con la información que presentaremos. Pudimos haber empezado con información anterior a 2005; sin embargo, la publicación de la Ley de Bioseguridad de Organismos Genéticamente Modificados (LBOGM), en marzo de 2005, fue un parteaguas que hay que mencionar, y de la historia anterior algo se ha comentado ya.

Un aspecto importante en la Ley de Bioseguridad fue la indicación del establecimiento del Régimen de Protección Especial del Maíz (RPEM) y, asimismo, para otras plantas cultivadas nativas de México.

En el Reglamento de la LBOGM en marzo de 2008, se le da su lugar al Régimen de Protección Especial del Maíz y se enuncia su implementación. Sin embargo, un año después, en marzo de 2009, hubo una modificación a ese reglamento y ese régimen de protección se manda por ahí como debajo de la mesa, y sólo se le menciona como un apartado específico en el Sistema Nacional de Información sobre Bioseguridad.

¿Qué es eso? No lo tengo claro, pero el Régimen de Protección Especial del Maíz tendría sentido como un esquema general que trace en el nivel nacional acciones de estrategias para atender el maíz de manera integral y con perspectiva al mediano y largo plazos.

Al ubicar el Régimen de Protección Especial en un lugar bastante escondido, se establece un artículo en donde se señala que dos secretarías, la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (Sagarpa) y la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (Semarnat), promoverán la conservación *in situ* de razas y variedades de maíces

criollos y sus parientes silvestres mediante programas de subsidio y, como resbalón de lápiz, otros mecanismos para la conservación de la diversidad.

Se ha comentado varias veces, y en varios foros, que los subsidios aplicados de manera llana han generado corrupción y han sido, en el mejor de los casos, un paliativo, pero no generan desarrollo.

Quedan dudas de por qué se ha cambiado de Régimen de Protección Especial del Maíz a programas de subsidios, y si esos cambios están asegurando el patrimonio nacional y el desarrollo del país o de la agricultura maicera.

Entonces, lo que vamos a comentar está más relacionado con esos otros mecanismos que promuevan la conservación y el desarrollo, sobre todo en relación con la diversidad del maíz de México.

También en este contexto, en abril de 2007 se firmó –y fue un tema bastante ventilado en los medios– un convenio entre Monsanto y la Confederación Nacional de Productores Agrícolas de Maíz de México (CNPAMM), con los enunciados de promover la consolidación de la producción del maíz y la protección de los maíces mexicanos.

Entre las acciones relacionadas con esos propósitos está promover la adopción de variedades mejoradas o híbridos de Monsanto, incluidos los desarrollados por medio de biotecnología; esto es, promover los transgénicos, así lo entiendo yo. La otra actividad consiste en impulsar programas de protección y conservación en zonas de origen de la diversidad del maíz, para ser utilizadas. Eso también tiene una connotación de extracción, que es uno de los conflictos en relación con los planteamientos de la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO, por sus siglas en inglés) o con la manera como la FAO concibe la conservación *in situ*, como actividad que proveería genes o germoplasma para los programas de mejoramiento genético; pero el beneficio o desarrollo de los agricultores, quienes han

* Colegio de Posgraduados / Unión Nacional de Científicos Comprometidos con la Sociedad, A.C.

generado y conservado esa diversidad, queda otra vez en entredicho.

Aparentemente, para la implementación de este convenio (Monsanto - CNPAMM) se anunció la aportación de dos millones de dólares por Monsanto, en marzo de 2008, para el establecimiento de un programa con la Universidad Autónoma Agraria "Antonio Narro"; lo cual incita a suspicacias sobre conflicto de interés.

También en relación con los transgénicos, ha habido resultados de investigaciones en las que se comparan la versión transgénica y la versión no transgénica de la misma variedad de maíz. La conclusión, de éste y de otros trabajos, es que bajo condiciones normales, las variedades no transgénicas rinden igual o más que las transgénicas. También bajo condiciones de infestación moderada del barrenador europeo, en el caso de maíz *Bt*, tampoco hay ventaja clara de los transgénicos sobre los no transgénicos. Asimismo, en una de las conferencias de este foro se reconoció que los transgénicos no son una solución para controlar el hambre y no aumentan los rendimientos de producción por hectárea.

La conclusión es que los híbridos transgénicos no justifican el sobreprecio de la semilla con que se vendía en aquel tiempo en los Estados Unidos y tampoco lo justificaría en las pruebas autorizadas y ahora en marcha en el noroeste, porque al vender la tecnología, el precio de la semilla sería más cara.

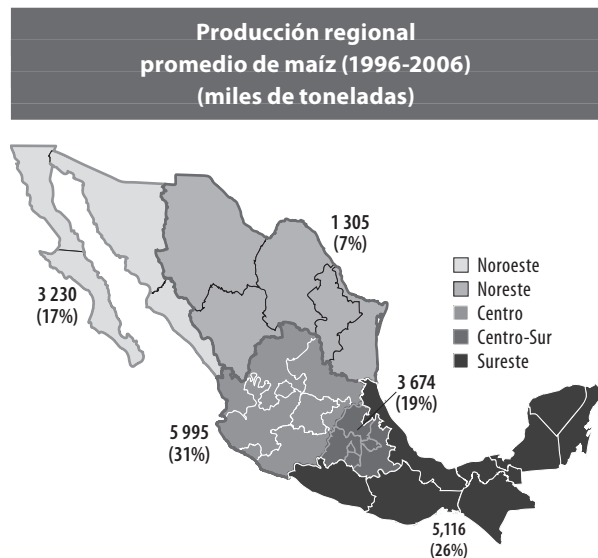
En 2005 el sobreprecio de la semilla era de 25 a 30 dólares por hectárea en los Estados Unidos. En México se esperaría que fuera como de 50 dólares. Considerando, conservadoramente, 30 dólares de sobreprecio de la semilla transgénica, si Sinaloa sembrara maíz transgénico de manera generalizada tendría que hacer un desembolso de 15 millones de dólares anuales, nada más por el sobreprecio de la semilla, que se embolsaría Monsanto o compañías asociadas, sin aumento alguno de los rendimientos.

La perspectiva indica que las variedades transgénicas no representan una opción tecnológica para el desarrollo de la agricultura maicera en México. Es conveniente mencionar que este punto de vista no implica contraponerse a la investigación sobre o

con biotecnología, todo lo contrario: hay muchas interrogantes con relación al conocimiento sobre el maíz que pueden abordarse con metodologías tanto agronómicas como biotecnológicas.

La situación del maíz en México

Tenemos en México varios *mundos*. Simplificando el contexto, tenemos dos situaciones para el maíz: una es donde se siembran híbridos, las áreas tecnificadas de "agricultura moderna"; y la otra, el área donde se siembran semillas nativas o criollas, como popularmente se denominan.



Fuente: <http://w4.siap.sagarpa.gob.mx/sispro/IndModelos/SP_AG/Maiz/Descripci%C3%B3n.pdf>.

Las magnitudes son de alrededor de millón y medio de hectáreas con híbridos y más de seis millones de hectáreas con semillas nativas o criollas. En el caso de los híbridos hay una inversión constante en esquemas de implementación calibrados durante años y la aplicación de diferentes apoyos económicos; mientras que las semillas nativas sobreviven por la gracia de Dios, por el esfuerzo de los agricultores, por la historia milenaria que se tiene, pero no hay un esquema de desarrollo para esas seis millones de hectáreas que tienen que ver con más de dos millones de hogares. Necesitamos ampliar nuestra visión.

Nos centraremos en comentar opciones para la agricultura de los maíces nativos. ¿Qué podríamos hacer sobre búsqueda de desarrollo de la agricultura basada en los maíces nativos? La diversidad es muy amplia, lo que está asociado a la diversidad ecológica y socioeconómica del país y la diversidad genética del maíz está distribuida en todo el territorio nacional. Tenemos que buscar esquemas que impacten en esos seis o más millones de hectáreas y en esos hogares.

También se ha dicho que con los híbridos se produce y con los criollos no se produce, lo cual no es cierto o es una verdad a medias. Del centro hacia el sur del país se siembran básicamente maíces nativos y ahí se obtiene más de la mitad de la producción nacional.

Un caso especial es Sinaloa, que creció como productor de maíz en la segunda mitad de los noventa; pero Sinaloa en cualquier momento puede dejar de ser maicero. Si hay otro negocio, va a dejar de ser maicero. Tenemos que reconsiderar las áreas de semillas nativas.

Se tiene entonces una necesidad inminente que consiste en desarrollar la agricultura del maíz en las áreas en que se siembran semillas nativas, criollas, más de seis millones de hectáreas, en donde no se puede aplicar el esquema basado en la distribución masiva de semillas mejoradas por la fuerte diversidad ecológica, socioeconómica y cultural.

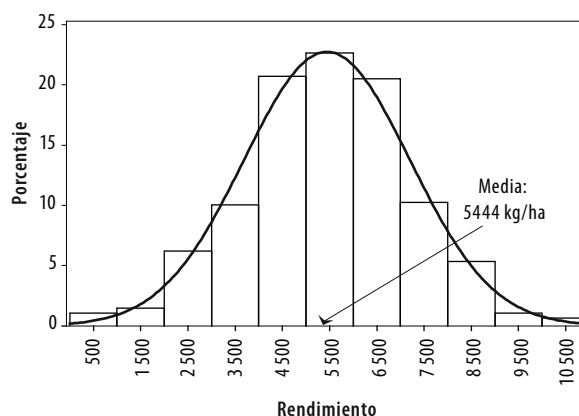
En el esquema a desarrollar, los componentes estratégicos son la diversidad genética de los maíces nativos, el conocimiento sobre esta diversidad generado por las comunidades rurales y las aportaciones técnico-científicas que ofrece el avance del conocimiento. La experiencia desarrollada aborda la consideración de la mejora del patrimonio genético de la diversidad del maíz.

El planteamiento

La diversidad genética del maíz la manejan las comunidades, como patrimonio de orden histórico. La unidad mínima serían los hogares, pero finalmente en la comunidad se populariza o se desestimula de manera específica a los distintos tipos de maíz, lo cual es complejo, al grado que el investigador Edgar

Anderson (en 1946) llegó a manifestar que en una comunidad agrícola en México con frecuencia se tiene tantos tipos de maíz como en todos los Estados Unidos. Estos tipos o clases de maíz, en términos formales, consisten en varias razas, varios tipos dentro de las razas, o variantes entre razas. Esa complejidad se mantiene de manera dinámica. La diversidad se ha generado por las necesidades que determinan las diferentes condiciones de prácticas de cultivo, las preferencias de los agricultores que van moldeando qué variantes representan ventajas para sus gustos culinarios u otras manifestaciones culturales y van aislando, así, tipos diferentes. Otro factor son las condiciones ambientales o ecológicas, el cambio climático, las estrategias del manejo de riesgo por eventos meteorológicos, que en 2009 fueron importantes. Los agricultores tratan de sembrar diferentes tipos de maíz, de modo que si el año es bueno, aseguren su producción, lo mismo que cuando el año es malo.

**Variación dentro de las poblaciones.
Familias de medios hermanos en población
de chalqueño, Montecillo, Estado de México, 2008
Rendimiento (kg/ha)**



Debemos pensar en que sí podemos desarrollar la agricultura de los maíces nativos. Para ello tenemos que reconocer qué es la diversidad y cuáles son los factores que la están determinando. Con este conocimiento se justifica que cada tipo o clase de maíz se debe a una situación específica y eso se debe conservar porque por alguna razón se generó o se separó.

Considerando cada tipo de maíz, diferentes agricultores en la misma comunidad tienen su semilla, a la que cada familia le imprime su manera de seleccionar en el tiempo que ha mantenido esa semilla, agregando aportaciones que vienen de sus abuelos o de más atrás, o de otros agricultores si consiguió la semilla recientemente.

Hay variación genética entre esas poblaciones de maíz, y esa variación se puede medir con experimentos sencillos y con ello tener la posibilidad de detectar las mejores poblaciones. Podemos hablar de rendimiento o de calidad o de producción de forraje, como diferentes atributos que tienen presentes los agricultores para aprovechar su cultivo. Hablamos de rendimiento porque es el atributo que más atención recibe. La posibilidad de detectar las poblaciones de maíz de mejor rendimiento, y a los agricultores que las manejan, significa la oportunidad de ofrecer opciones que superan al promedio general de rendimiento en más de 15 por ciento.

También hay variación entre las diferentes plantas en un terreno de cultivo –variación genética– y, agregándose al esquema de selección tradicional de la semilla, se pueden incorporar algunos aspectos técnicos que aceleren las ganancias genéticas, la evolución bajo domesticación. Esto nos daría, en términos modestos, ganancias en el potencial productivo de uno por ciento por año. En el largo plazo, es más o menos lo que en los Estados Unidos han desarrollado en un siglo de mejoramiento genético mediante el esquema convencional.

Los potenciales estimados de rendimiento en el Estado de México, en los terrenos de los agricultores directamente, donde las condiciones de humedad son más o menos buenas, y los suelos también son buenos, andan entre seis y nueve toneladas por hectárea. Si se considera que esas estimaciones corresponden a mazorca, le podemos quitar la proporción de olote y humedad, con lo que bajarían un poco las cifras; sin embargo, no dejan de ser importantes. Los potenciales de producción se pueden aumentar en alrededor de 25 por ciento en un plazo aproximado de cinco años, trabajando de manera participativa con los agricultores en sus sitios locales de cultivo. Si a esto se le agregan mejoras en las prácticas de cultivo, ese aporte se puede duplicar fácilmente.

Entonces las necesidades de maíz del país sí se pueden resolver en el mediano plazo, si es que se invierte y se organiza el trabajo sobre las semillas nativas y las semillas criollas. Para lograrlo se necesita impulsar la participación de las comunidades, de las autoridades y de otros actores.

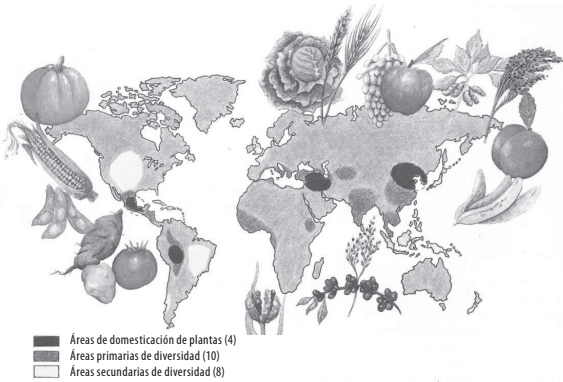
Hemos estado haciendo ejercicios de investigación valorando esto que acabamos de comentar, pero también hemos considerado otros aspectos, como la posibilidad de mejorar la producción de forraje o la incorporación de otros tipos de maíz que los agricultores han estado introduciendo recientemente, así como el rescate de algunos tipos de maíz que tienen baja frecuencia. Hay más información. Para la calidad también hay bastante variación, como la calidad nutritiva, la calidad de proteína, lo que se comentaba de las antocianinas y otros nutraceuticos; todo eso se puede trabajar en la comunidad y así incrementar la producción y la calidad.

Si logramos buenos estudios de caso, o buenos ejercicios de caso, que consistirían en trabajar de manera participativa con algunas comunidades bajo el planteamiento de demostrar en algunas decenas de hectáreas que se puede incrementar la producción de maíz, tendríamos mejores elementos para cambiar la perspectiva de que la diversidad sí nos sirve, que no vale cero como lo consideran las empresas semilleras. Las empresas semilleras sostienen que la semilla gana valor en la medida en que ellas la mejoran genéticamente. Si es una semilla de un banco de germoplasma o de un agricultor, vale cero. Entonces tenemos que ir cambiando diferentes formas de concepción sobre nuestros recursos.

Otros cultivos nativos de México

El maíz es un cultivo, pero hay otras plantas nativas que se están sembrando ya en materiales transgénicos. Uno de los más importantes es el algodón. El algodón se domesticó en México, se sembraban materiales anuales desde antes de la conquista. Un estimado de 90 por ciento o más de lo que se siembra en el mundo son semillas de germoplasma mexicano. El algodón abastece de 80 a 85 por ciento a la industria textil en cuestión de fibras naturales; es la bandera de las semilleras en cuanto al uso de transgénicos o

**Otras plantas cultivadas
de origen-domesticación en México
en el mismo contexto de organismos
genéticamente modificados**



Fuente: Hawkes 1983, In Hoyt 1988.

posibilidad tecnológica de transgénicos. Según esto, con los transgénicos se está rescatando el algodón. Yo creo que necesitamos hacer una revisión de la historia del algodón desde los tiempos prehispánicos, qué ha pasado en los últimos siglos, décadas y por qué está en riesgo, por qué se ha tornado vulnerable, y entonces buscar soluciones diferentes a las de transgénicos, por las vías del uso de la variación misma de la especie. Y lo mismo tenemos en otros casos.

Se mencionaba la piña, que se domesticó en México, sí hay variación de la especie o de parientes silvestres de piña en México; la papaya es otro caso. También se autorizaron transgénicos en el jitomate, la primera hortaliza en el mundo, y no hemos revisado el caso.

Hay tareas para el maíz y para otros cultivos de origen mexicano de importancia mundial.

[Panel 2]

BIOSEGURIDAD DE ORGANISMOS GENÉTICAMENTE MODIFICADOS

La experimentación en organismos genéticamente modificados

Dr. Reynaldo Ariel Álvarez Morales

Evaluación de riesgo a la salud humana

M.C. Rocío Alatorre Eden-Wynter

Evaluación de riesgo a la diversidad biológica

Dra. Francisca Acevedo Gasman

Evaluación de riesgo a la sanidad vegetal y animal

M.V.Z. Octavio Carranza de Mendoza

Bioseguridad y conservación de cultivos originarios de México

Dr. José Antonio Serratos Hernández

Avances en la experimentación de cultivos transgénicos

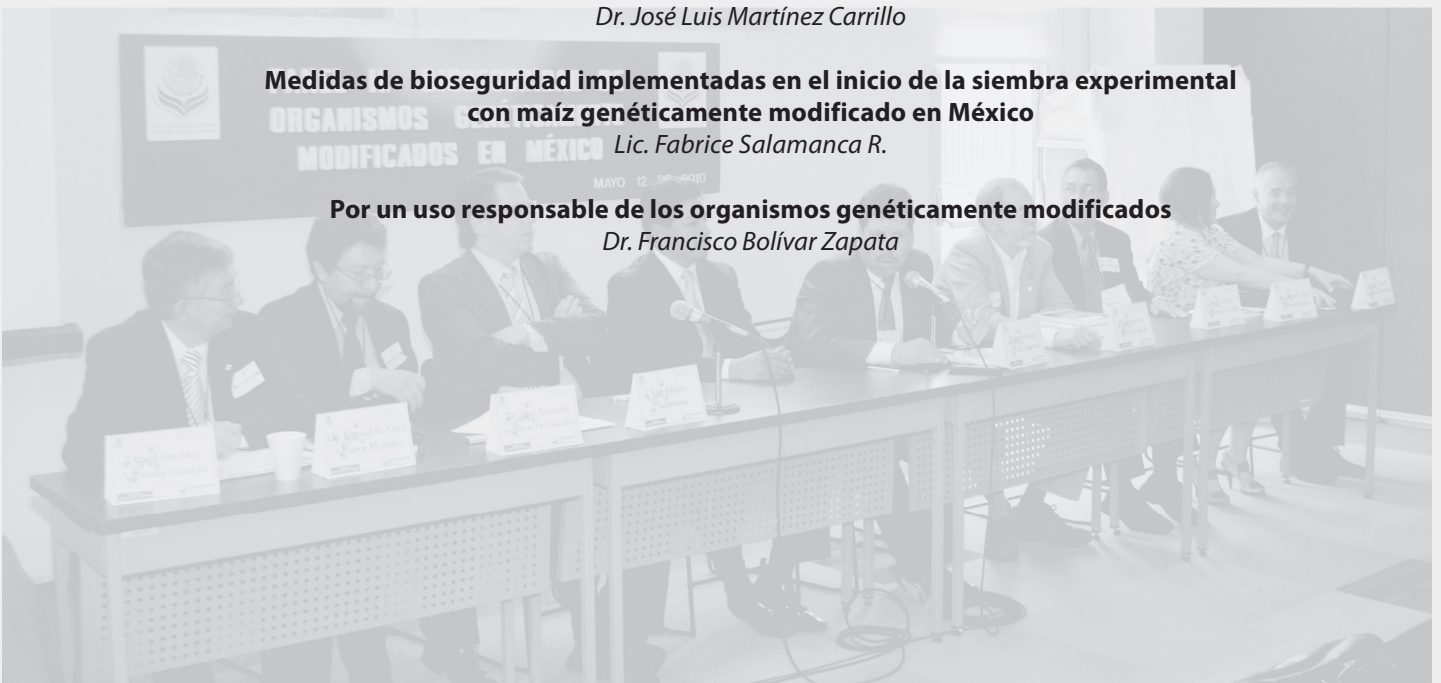
Dr. José Luis Martínez Carrillo

Medidas de bioseguridad implementadas en el inicio de la siembra experimental con maíz genéticamente modificado en México

Lic. Fabrice Salamanca R.

Por un uso responsable de los organismos genéticamente modificados

Dr. Francisco Bolívar Zapata





Intervención del Dip. Federico Ovalle Vaqueras, y en la mesa el Dr. Francisco Bolívar Zapata, Dr. José Luis Martínez Carrillo, M.C. Rocío Alatorre Eden-Wynter, M.V.Z. Octavio Carranza de Mendoza, Lic. Fabrice Salamanca, Dr. José Antonio Serratos Hernández y Dr. Reynaldo Ariel Álvarez Morales.

La experimentación en organismos genéticamente modificados

*Dr. Reynaldo Ariel Álvarez Morales**

Vamos a hablar un poco sobre los antecedentes de la bioseguridad en México, sobre la legislación nacional en materia de bioseguridad, y entraremos al punto de por qué debemos experimentar.

Antecedentes de la bioseguridad en México

La Ley de Bioseguridad de Organismos Genéticamente Modificados, y todo lo que hacemos, en realidad se deriva en buena medida de la Agenda 21 del Convenio de Biodiversidad, en la que se establece, primero que nada, que los organismos genéticamente modificados (OGM) y sus productos no son intrínsecamente peligrosos.

¿Por qué hay leyes? ¿Por qué vamos a regular los organismos genéticamente modificados? Si fuera algo verdaderamente peligroso, no lo querríamos ni siquiera tener; pero incluso en la Agenda 21, en su capítulo 16, sobre la gestión ecológicamente racional de la biotecnología, se concede que la biotecnología moderna, si bien por sí misma no puede resolver todos los problemas fundamentales del medio ambiente y el desarrollo, sí cabe esperar que contribuya al desarrollo sustentable en diferentes ámbitos.

De aquí que se reconozca la necesidad de elaborar principios internacionales para la evaluación y el manejo de riesgos de aspectos relacionados con la biotecnología. Es decir, por un lado se acepta el potencial que tiene esta tecnología, y por el otro se reconoce que para aprovechar este potencial, se debe proceder con cuidado.

De este reconocimiento se deriva el Protocolo de Cartagena sobre la Seguridad de la Biotecnología. La negociación del Protocolo inicia en 1994, se adopta un texto en 2000 y entra en vigor el 11 de septiembre de 2003.

El Protocolo tiene como objetivo contribuir a un uso seguro de los organismos vivos genéticamente modificados. Su ámbito es el movimiento transfronterizo de los organismos vivos modificados; uno de los puntos importantes es la aplicación del Procedimiento de Acuerdo Informado Previo, que requiere todo un análisis de riesgo en ese movimiento transfronterizo.

La primera solicitud para la liberación de un OGM que recibió México fue en 1988; en 1990 se modifica la Ley Federal de Sanidad Vegetal y la Ley de Semillas para incluir a los OGM. La primera solicitud, por cierto, aunque mucha gente piensa que fue para maíz, fue para un tomate transgénico con tolerancia a insectos.

Legislación nacional en materia de bioseguridad

En 1995 se establece la Norma 056 (NOM 056-FITO-1995) y también se establece el requisito para el movimiento interestatal, importación y establecimiento de pruebas de campo con OGM. En 1998, como otro de los puntos por resaltar, se establece en el país una moratoria de facto para la siembra de maíz transgénico. En 1999 se emite el decreto de formación de lo que sería la primera versión de la Comisión Intersecretarial de Bioseguridad.

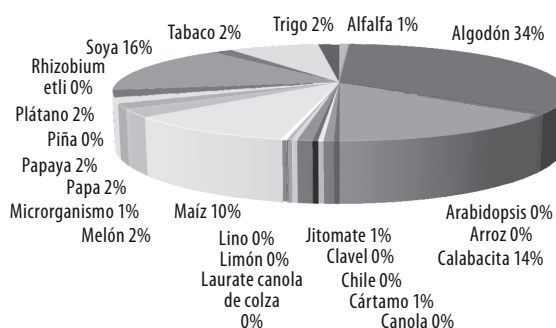
En 2000 México firma el texto adoptado por el Protocolo de Cartagena; en 2001 tenemos el caso del maíz transgénico en Oaxaca; en agosto de 2002 el Senado ratifica el Protocolo de Cartagena; en 2003 el Protocolo de Cartagena sobre la Seguridad de la Biotecnología entra en vigor; y en 2004 se hace la denuncia ante la Comisión de Cooperación Ambiental del Tratado de Libre Comercio para América del Norte por el caso Oaxaca.

¿A qué viene todo esto? El trabajo que estamos realizando no es algo que haya iniciado con la Ley de Bioseguridad de Organismos Genéticamente Modificados; empezó desde antes. México empezó a adquirir experiencia en OGM, más experiencia de la que mucha gente cree, desde hace tiempo.

* Secretario ejecutivo de la Comisión Intersecretarial de Bioseguridad de los Organismos Genéticamente Modificados (Cibiogem).

Antes de la entrada en vigor de la Ley de Bioseguridad de Organismos Genéticamente Modificados, se había aprobado en México la liberación experimental de cultivos genéticamente modificados: trigo, alfalfa, algodón, calabacita, arroz, canola, limón, lino, melón. Había muchas pruebas que ya se habían hecho bajo la Norma 056 fundamentalmente; es decir, esto no es nuevo ni empieza con la Ley.

Aprobaciones de liberación experimental de cultivos genéticamente modificados de 1988 a 2005



Ahora bien, en todo ese tiempo hubo la inquietud de tener más que una norma, como la Norma 056, o algunas modificaciones a la Ley de Semillas, etcétera. Hubo iniciativas de ley sobre bioseguridad en 1999, un proyecto de decreto en 2000, otra iniciativa en 2000. Ya se había estado pensando en que México debía ir un paso más adelante de las normas.

Entonces, ¿cuál es la legislación que tenemos actualmente? El Protocolo de Cartagena es un instrumento de aplicación general. Esto es importante porque muchos piensan que no estamos aplicando el Protocolo de Cartagena. Sin embargo, dicho protocolo no tiene un carácter autoaplicativo, quiere decir que si bien es un protocolo internacional que está solamente debajo de la Constitución, no es algo que nos indique cómo vamos a proceder en el país. Por ello su ratificación no implica su implementación, sino que hay que llevarlo a las leyes nacionales.

México es parte del Protocolo de Cartagena, y desde 2003 empieza a trabajar en un proyecto de ley que va a incorporar todo aquello que nos dice el Protocolo

que debe existir en las legislaciones de los diferentes países que lo han ratificado.

Para la Ley de Bioseguridad de Organismos Genéticamente Modificados, que fue producto de una iniciativa del Senado, se consideró la experiencia adquirida desde 1988, y la de otros países, así como la legislación nacional, los compromisos internacionales y otras iniciativas como las que mencioné previamente. Asimismo, se consideró la experiencia operativa de las instancias competentes, cuál había sido el papel de la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (Sagarpa), de la Secretaría de Salud, etcétera. Hubo foros de consulta multisectorial, y recomendaciones de la Academia Mexicana de Ciencias, que fue una de las partes más importantes.

A partir de esto se presenta una iniciativa de la Ley de Bioseguridad ante el pleno de la Cámara de Senadores en noviembre de 2002. Es la única iniciativa sobre bioseguridad que se presentó por acuerdo de 18 senadores de todas las fracciones parlamentarias. Hay un foro de consulta de noviembre de 2002 a febrero de 2003 y se aprueba el dictamen de la iniciativa. En la Cámara de Diputados se aprueba en 2004. Es decir que no es algo que se haya sacado *al vapor*, tiene mucho trabajo esta ley, incorpora lo que nos mandata el Protocolo de Cartagena y utiliza la experiencia que en México se tiene desde 1988.

Después de la entrada en vigor de la Ley de Bioseguridad de Organismos Genéticamente Modificados, que ocurre en marzo de 2005, se generan el Reglamento de la Comisión Intersecretarial de Bioseguridad de los Organismos Genéticamente Modificados (Cibiogem), las Reglas de Operación de la misma, el Reglamento de la Ley, y el decreto de reforma del Reglamento, que incluye el Régimen de Protección Especial al Maíz; asimismo, las Reglas de Operación del Fondo para el Fomento y Apoyo a la Investigación Científica y Tecnológica en Bioseguridad y Biotecnología, y las Reglas de Operación y Funcionamiento de la Red Mexicana de Monitoreo.

Razones de la experimentación

¿Por qué estamos experimentando con maíz? La Ley de Bioseguridad de Organismos Genéticamente

Modificados establece como su objeto regular las actividades con OGM para prevenir, evitar o reducir los posibles riesgos a la salud humana, el medio ambiente, la biodiversidad, la sanidad animal, vegetal y acuícola para tener un uso seguro de estos organismos en cuanto a importación y exportación. Pero también estipula que los organismos genéticamente modificados se pueden utilizar de manera confinada en la enseñanza, la investigación o con fines comerciales, para lo cual existe la figura del aviso.

Es muy importante lo que la propia ley establece: la liberación al ambiente debe seguir un esquema de caso por caso y paso por paso, en donde se tiene que experimentar. Una vez que se experimenta, los resultados de la experimentación son los que nos van a decir si podemos pasar al programa piloto, y si podemos pasar del programa piloto al comercial; para esto se requiere la figura legal de los permisos que otorgan la Sagarpa o la Semarnat; y para la comercialización, el consumo humano, biorremediación, salud pública, la figura legal son las autorizaciones que otorga la Secretaría de Salud.

Entonces, no queremos experimentar por curiosidad, o porque hay presión, o porque alguien nos dice que tenemos que sacar algunos materiales al campo. La Ley no prohíbe el uso experimental del maíz. Tanto la Ley como el Reglamento prohíben explícitamente utilizar OGM para producir armas biológicas.

Primero estipula que el maíz puede tener un régimen especial, pero no es uno de los productos prohibidos, tampoco está exento de los procesos que sigue cualquier otro de los productos que se quieran sacar. Y el primer paso es la experimentación.

¿Qué es experimentar? Probar y examinar la virtud y las propiedades de algo. En las ciencias físico-químicas y naturales, experimentar significa hacer operaciones destinadas a descubrir, comprobar o demostrar determinados fenómenos o principios científicos.

Ahora bien, en la materia que nos ocupa, ¿por qué debemos experimentar? La experimentación es la manera como se obtiene información y se genera conocimiento.

La Ley establece que debemos llevar a cabo análisis de riesgo de aquellos materiales que queramos sacar al campo para probar su posible efectividad como cultivos que de alguna manera colaboren con los agricultores a la producción de alimento. La manera de hacerlo es basándonos en conocimiento, en información; aunque muchas veces esa información y ese conocimiento no estén documentados.

Alguien puede decir que ya se está sembrando maíz en España, en los Estados Unidos, en Argentina y en Chile, pero ninguno de esos países tiene las características propias de nuestro país, de tal manera que el conocimiento que se genere para la toma de decisiones lo tendremos que crear nosotros. Así como China está haciendo liberaciones experimentales con arroz, siendo también centro de origen, lo tendremos que hacer en México para generar la información que se necesita.

La experimentación permite refutar o corroborar hipótesis; permite, también, confirmar o rectificar si funcionan los modelos matemáticos, las hipótesis, etcétera. En buena medida debemos experimentar porque lo mandata la legislación, tanto internacional como nacional.

De acuerdo con el Protocolo de Cartagena, la adopción de decisiones para la liberación al ambiente de OGM debe llevarse a cabo con procedimientos científicos sólidos; la Ley de Bioseguridad nos dice que hay que hacer los análisis. Para el análisis de soluciones a problemas se evaluarán caso por caso los beneficios y los posibles riesgos del uso de OGM, incluyendo en la evaluación de los riesgos las opciones tecnológicas alternas.

Este análisis comparativo debe estar sustentado por la evidencia científica y técnica, así como en antecedentes sobre su uso, producción y consumo, y podrá ser un elemento adicional al estudio de evaluación de riesgo, para decidir de manera casuística (caso por caso) sobre una liberación al medio ambiente. Es un mandato de la Ley: tenemos que experimentar para poder generar información y tomar decisiones.

La ciencia no admite dogmas, revelaciones, principios de autoridad, así que no importa que alguien diga que esto no es bueno, sencillamente habrá que probarlo.

¿Qué preguntas podemos contestar con las liberaciones experimentales? ¿El maíz *Bacillus thuringiensis* (*Bt*) contribuirá a controlar los problemas de las plagas en México? Se está discutiendo eso. Vamos a contestar esas preguntas. ¿Qué otros organismos no blanco podrían ser susceptibles a la toxina, y en qué medida? ¿Cuáles son los posibles efectos del flujo de genes? Son muchas cosas que podemos y que debemos contestar antes de tomar las decisiones.

Conclusiones

La biotecnología moderna y la generación de organismos genéticamente modificados no son intrínsecamente peligrosos. El Comité de Investigaciones de la Academia Nacional de Ciencias de los Estados Unidos acaba de publicar un documento en donde analiza los efectos ambientales asociados a la comercialización de las plantas transgénicas a escalas comerciales y por varios años. Si bien en este estudio no se encuentran elementos de riesgo, debemos considerar que el documento tiene un sesgo muy grande, ya que en buena medida es para los Estados Unidos.

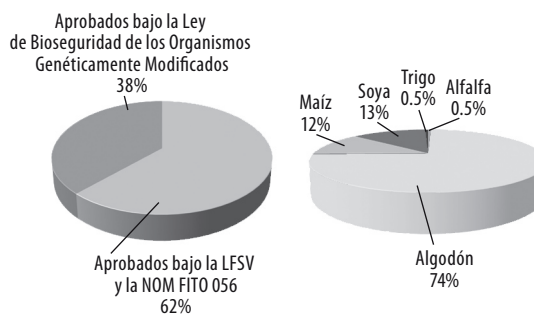
En 15 años de experiencia de México con el algodón *Bt*, hemos visto decrementos considerables en el uso de insecticidas. La coexistencia entre maíz híbrido y maíz criollo se ha dado en los sistemas agrícolas en nuestro país en los últimos 50 años. Tenemos 50 años de sembrar híbridos y tenemos todavía nuestros maíces criollos.

México debe mantener la posibilidad de utilizar todas las tecnologías agrícolas disponibles para enfrentar los retos de la producción alimentaria y el cambio climático (maíz tolerante a sequía). Brasil, China e India lo están haciendo. Aquí el riesgo es no utilizar la tecnología y que no haya una apertura a todas las tecnologías disponibles.

Tenemos biotecnólogos ampliamente reconocidos en el país. Las instancias competentes han desarrollado la infraestructura. Tenemos una red de monitoreo.

Del total de pruebas llevadas a cabo en México, 38 por ciento de lo que hemos experimentado se ha aprobado bajo la ley actual, mientras que 62 por ciento de la experimentación se autorizó bajo la Norma 056, la Ley de Semillas y la Ley de Sanidad Vegetal.

Aprobaciones de liberación de cultivos genéticamente modificados



Lo que requerimos es incentivar al sector académico y de investigación para la generación de productos biotecnológicos que resuelvan problemas nacionales.

¿Por qué se puede experimentar en un centro de origen? Más bien la pregunta es ¿por qué no?

¿Qué aprendimos de la moratoria por diez años para la siembra de maíz genéticamente modificado?

El temor hacia el desarrollo de monopolios por las grandes compañías transnacionales se combate generando desarrollos propios.

La biotecnología no resolverá todos los problemas futuros, pero será, sin duda, un elemento indispensable para afrontar los retos por venir.

Evaluación de riesgo a la salud humana

*M.C. Rocío Alatorre Eden-Wynter**

La Comisión Federal para la Protección contra Riesgos Sanitarios (Cofepris) es la entidad de la Secretaría de Salud que evalúa y registra una gran cantidad de productos que todos consumimos diariamente. Tiene un mandato muy claro de hacer análisis de riesgos, de permitir la liberación al mercado y al comercio de productos que no representan un riesgo, o de retirar y de impedir que ingresen al mercado productos cuyo riesgo es mucho mayor que su beneficio.

A lo mejor algunos se enteraron de que la Cofepris está retirando un medicamento que se llama sibutramina. Esto es sólo un ejemplo para que podamos contextualizar que los organismos genéticamente modificados están en el ámbito de un análisis de riesgo, como cualquier otra materia, y están en el ámbito de la toma de decisiones, al igual que medicamentos, vacunas, dispositivos médicos, todo tipo de alimentos, agua, etcétera. No hay ninguna novedad al respecto, sino una experiencia y cuerpos técnicos muy sólidos para poderlo hacer.

¿Cuándo requiere un particular contar con una autorización de organismos genéticamente modificados? La Ley de Bioseguridad de Organismos Genéticamente Modificados es muy clara en su artículo 91 y establece que todos aquellos organismos genéticamente modificados que vayan a ser usados o consumidos por los humanos, incluyendo los granos que vayan a ser destinados para consumo animal, tienen que ser evaluados y autorizados por la Cofepris.

¿En qué otro caso requiere el particular contar con un registro de autorización? En el caso de aquellos organismos genéticamente modificados que se destinan al procesamiento de alimentos; aquellos que tienen una finalidad de salud pública y aquellos destinados a la biorremediación. Este último es un grupo muy sensible porque son organismos que se

utilizarán para asuntos que tienen que ver con remediación ambiental. En estos casos, el particular debe ir a la Cofepris y obtener una autorización.

También en los artículos 42 al 59 de la Ley de Bioseguridad se estipula que deberán contar con la autorización de la Cofepris:

1. Todos aquéllos que vayan a hacer una liberación al ambiente si la liberación va a tener, al final del día, una aplicación directa en salud pública o biorremediación.
2. Aquellos particulares que quieran revisar lo que se llama programas piloto de organismos genéticamente modificados,
3. Para aquellos organismos que van a ser utilizados con fines de comercialización.

El ámbito de autorización de la Cofepris es muy grande y es prácticamente para todas las materias que tienen que ver con organismos genéticamente modificados y salud pública.

Es importante aclarar que si se va a hacer una liberación al ambiente en su fase experimental no se requiere una autorización por parte de la Secretaría de Salud. No siempre está suficientemente entendido cuándo se debe ir a la Cofepris por un registro y cuándo no. Si es la fase experimental, solamente si va a tener fines de salud pública o de biorremediación; el programa piloto también requiere autorización, solamente si, posteriormente, ya que hayan concluido todas las fases, ese organismo genéticamente modificado va a ser utilizado para uso y consumo humano.

Esto también suele ser poco claro para los particulares, pero hemos ido avanzando mucho para clarificar cuándo se requiere un permiso de la Cofepris.

¿Cómo hace la Cofepris esta evaluación? La evaluación se hace caso por caso. Es decir, cada organismo genéticamente modificado, ya sean organismos individuales o apilados de parentales, requiere una evaluación. Así lo mandata la Ley y su reglamento.

* Comisionada de Evidencia de Riesgos de la Comisión Federal para la Protección contra Riesgos Sanitarios (Cofepris) de la Secretaría de Salud.

Tenemos casos muy importantes. A veces hemos evaluado ya dos organismos genéticamente modificados y luego hay cruces de esos organismos, o hacen apilados y aunque tengamos evaluados a los padres, también tenemos que volver a evaluar a los hijos. Es decir, siempre hay la necesidad de contar con todos los elementos para tomar una decisión. Es caso por caso, con toda la información científica y técnica que se encuentra disponible.

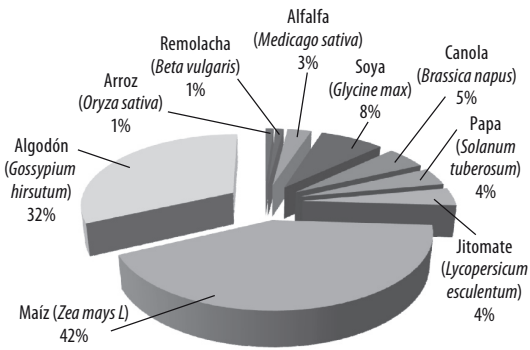
Los riesgos de ese organismo genéticamente modificado nos orientarán: 1) a que se autorice; 2) a que no se autorice, o 3) a solicitar más información al particular, a fin de aclarar todas las dudas para tomar una decisión. Es un proceso que lleva meses y requiere una evaluación muy puntual.

Básicamente, ¿qué vemos cuando evaluamos un organismo genéticamente modificado? Lo mandata el artículo 31 del Reglamento de la Ley que se expidió en 2008. Como acabo de mencionar es caso por caso; nos tienen que entregar mucha información, entre otra, la estabilidad genética del transgén, la equivalencia sustancial –que es la parte más importante cuando se hace evaluación–, el análisis toxicológico, el análisis alergénico y el estudio nutricional.

En nuestro sitio web están los formatos de solicitud para una evaluación: se debe leer el instructivo, llenar los formatos y realizar el pago de derechos. Una vez hecho lo anterior, se ingresa la solicitud en la Cofepris.

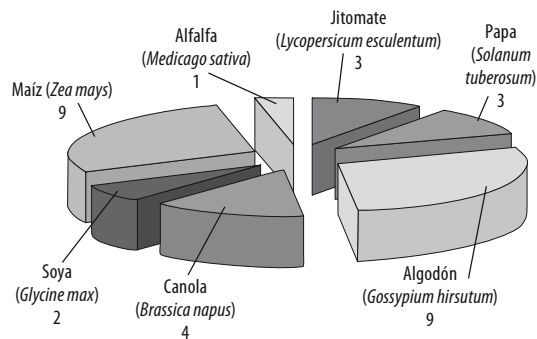
No es algo nuevo para nosotros: la Ley General de Salud, antes de que apareciera la Ley de Bioseguridad, mandataba la evaluación de organismos genéticamente modificados. Es decir, cuando entra en vigor la Ley de Bioseguridad de Organismos Genéticamente Modificados y su reglamento, ya habíamos evaluado más de treinta organismos genéticamente modificados, al amparo de las facultades que nos da la Ley General de Salud. Pero hasta el momento tenemos 76 organismos evaluados y aprobados; 32 de ellos son maíz en particular y se pueden revisar en la lista que aparece en nuestra página y que se actualiza constantemente. La información de las gráficas está actualizada hasta las últimas autorizaciones que dimos a principios de 2010.

Cultivos utilizados para la generación de OGM autorizados por la Cofepris (1995-2010)



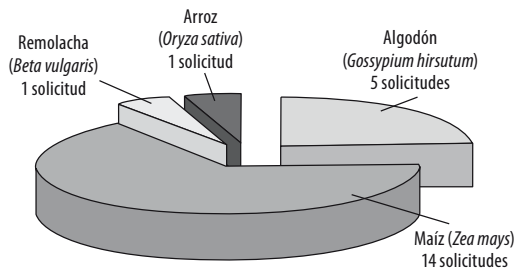
Total: 76 solicitudes.

Solicitudes autorizadas por la Cofepris antes del 18 de marzo de 2005 (fecha de entrada en vigor de la LBOGM)



Art. 282 bis LGS. Total: 31 solicitudes.

Solicitudes autorizadas por la Cofepris después del 18 de marzo de 2005 (fecha de entrada en vigor de la LBOGM)



Total: 21 solicitudes.

Cada vez que se autoriza un organismo genéticamente modificado, la información relativa se sube a la página <http://www.cofepris.gob.mx/inf/pdf/biotecnologicos.zip>. Ahí se puede ver qué evento se autorizó, qué empresa lo solicitó, cuándo ingresó y cuándo se autorizó. Todo eso está disponible en internet.

De las 76 solicitudes que hay en este momento, 42 por ciento de lo autorizado es maíz, pero también hay algodón, papa, alfalfa, canola, remolacha, jitomate, soya, arroz; hay un gran número de eventos de

organismos genéticamente modificados evaluados desde 1995 hasta 2010.

Antes de 2005 teníamos 31 solicitudes, y ya se había evaluado maíz, alfalfa, jitomate, papa, algodón, canola y soya.

Ya con la Ley de Bioseguridad, hemos recibido 45 solicitudes más, lo cual hace las 76 que estoy mencionando; la mayoría de ellas son para maíz, remolacha, arroz y algodón.

Evaluación de riesgo a la diversidad biológica

Dra. Francisca Acevedo Gasman*

El trabajo que efectuamos consiste en procurar un uso seguro y responsable de la biotecnología, es esto a lo que nos referimos cuando hablamos de bioseguridad. No se trata aquí de parar la biotecnología, sino de procurar que si se usa, sea de manera responsable.

Algunos de los riesgos potenciales para la diversidad y el medio ambiente

El análisis de los posibles riesgos que conlleva la liberación al ambiente de organismos genéticamente modificados debe hacerse caso por caso. La Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (Conabio) ha desarrollado una metodología de análisis de riesgo para detectar estos posibles riesgos. La metodología incluye la evaluación de las características moleculares de cada evento de transformación, los aspectos legales, los posibles efectos a organismos no blanco, la posibilidad de que estos organismos o los que están emparentados se vuelvan maleza o plagas, etcétera.

Los objetivos del análisis son principalmente tres:

1. Confirmar, por medio de la mejor y más reciente bibliografía existente, que el organismo genéticamente modificado *per se* no representa un problema en sí mismo;
2. Detectar la posibilidad de que exista flujo génico en el campo entre el organismo genéticamente modificado y las poblaciones silvestres de la misma especie, las especies cercanas emparentadas y/o el organismo cultivado no modificado; esto, usando tanto herramientas bibliográficas como geográficas, y
3. Aplicar principios de coexistencia en el campo mexicano.

En estos tres pasos está fundamentada la evaluación de riesgo que hace la Conabio.

Buscamos evitar que haya flujo génico, no porque el flujo génico *per se* sea malo; buscamos evitarlo mientras no conozcamos con certeza qué consecuencias pueda tener el que ocurra. Las consecuencias pueden ser tanto biológicas, sociales, como económicas o de propiedad intelectual. Los efectos, entonces, no necesariamente serán sólo biológicos, y hay que entenderlos.

Cuando se trata de liberaciones al ambiente de organismos genéticamente modificados, cuando nos referimos a un *caso* es a la combinación de tres factores: la construcción genética que se integra a un organismo combinado con el organismo receptor, combinado con el sitio de liberación. Eso sería un caso para nosotros. (Cuando el doctor Sarukhán decía que habíamos evaluado mil novecientos casos, es en referencia a casos, no a solicitudes. Una solicitud de liberación al ambiente puede tener entonces varios casos, y cada uno de éstos se analiza puntualmente.)

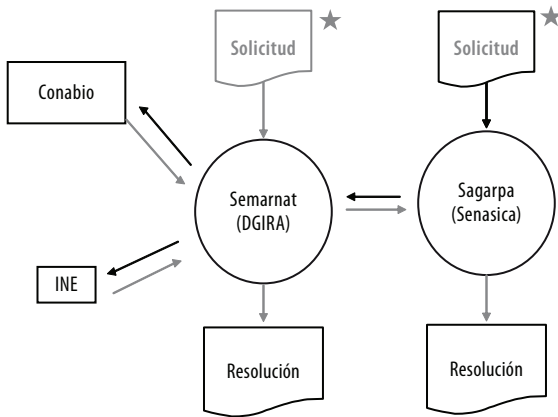
Adicionalmente, la Ley de Bioseguridad de Organismos Genéticamente Modificados incluye el concepto de *paso por paso*. Como decía el doctor Ariel Álvarez, es muy importante pasar por las diferentes etapas, es decir, de una etapa experimental a una piloto y luego a una comercial. Cada etapa genera la información necesaria para tomar decisiones en las siguientes etapas. Es muy importante empezar desde el principio.

En cuanto a los aspectos administrativos, una solicitud de liberación al ambiente puede entrar por dos vías: puede entrar por la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (Sagarpa), o por la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (Semarnat). Eso depende de si el organismo genéticamente modificado en cuestión es del ámbito de la Sagarpa o de la Semarnat. Un organismo genéticamente modificado agrícola va a entrar por la ventanilla de la Sagarpa; pero un organismo

* Coordinadora de Análisis de Riesgo y Bioseguridad, Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (Conabio).

genéticamente modificado, por ejemplo, un pino, podría entrar por la de la Semarnat.

La ruta: solicitud-análisis-recomendación-permiso



DGIRA: Dirección General de Impacto y Riesgo Ambiental.
 Senasica: Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria.

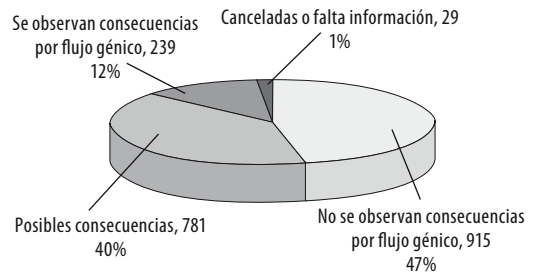
Sin embargo, independientemente de por dónde entre la solicitud, las dos autoridades deben opinar al respecto y hacer una evaluación de riesgo. En este sentido, la Conabio participa en todo el proceso simplemente dando una opinión.

Como se ha dicho previamente, México lleva mucho tiempo en este proceso; de hecho la Conabio ha participado en evaluación de riesgo desde 1998.

De las 1 964 recomendaciones que hemos emitido desde 2000 a la fecha, en casi 50 por ciento de los casos hemos identificado que en donde se pretende liberar no hay ningún problema en cuanto a que pudiera llegar a existir flujo génico con los organismos silvestres emparentados familiares cercanos (mencionados por el doctor Sarukhán en su conferencia).

Para el resto de los casos, hemos visto que para algunos no es conveniente liberar debido a que existen registros en nuestras bases de datos que evidencian que ahí hay o ha habido poblaciones silvestres con las que el organismo genéticamente modificado pudiera hibridar y tener descendencia viable. Por último, hay casos donde podrían existir poblaciones con las que el organismo genéticamente modificado hibridara y tuviera descendencia viable y en estos casos la Conabio recomienda hacer verificación en campo antes de que se otorgue un permiso, con el fin de evitar que esa situación ocurra.

Análisis caso por caso: 1 964 recomendaciones de enero de 2000 a marzo de 2010



Evaluación de riesgo a la sanidad vegetal y animal

M.V.Z. Octavio Carranza de Mendoza*

Para iniciar diré que todo lo expuesto, tanto por la Comisión Federal para la Protección contra Riesgos Sanitarios (Cofepris) como por la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (Conabio), la Secretaría Ejecutiva de la Comisión Intersecretarial de Bioseguridad de los Organismos Genéticamente Modificados (Cibiogem) y ahora el Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria (Senasica), está fundamentado en la Ley de Bioseguridad de Organismos Genéticamente Modificados, su reglamento y la modificación al Reglamento que es lo que nos da toda la línea rectora para el trabajo en las instituciones federales.

Creo que hemos sido reiterativos, pero *caso por caso* y *paso por paso* es el tema que nos identifica a todos los que trabajamos en la evaluación de riesgo. Esto quiere decir que vamos a evaluar ya sea en la etapa experimental, en la piloto o en la comercial, con el mismo organismo receptor, en la misma área de liberación y las mismas características de la modificación genética. Ésa es la combinación que nos va a ir variando con cada una de las solicitudes.

En la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (Sagarpa), nos toca evaluar los posibles riesgos que pudiera haber sobre la sanidad vegetal, animal y acuícola por la liberación al ambiente de organismos genéticamente modificados. En la actualidad únicamente se han evaluado organismos genéticamente modificados vegetales, todavía no tenemos ningún tipo de evaluación para animales o acuícolas.

Pero toda la evaluación del riesgo tiene soporte en este articulado: artículo 13, fracción II; 33, 60, 61, 62, 63 y bajo la salvedad del artículo 115, fracciones I y II de la Ley de Bioseguridad de Organismos Genéticamente Modificados; 16, 65, 66, 67, 68, 69, 70 y quinto transitorio

del Reglamento de la Ley de Bioseguridad de Organismos Genéticamente Modificados; así como 49 fracción XVI y 20 fracción VI del decreto que reforma, adiciona y deroga diversas disposiciones del Reglamento Interior de la Sagarpa, publicado en el *Diario Oficial de la Federación* el 15 de noviembre de 2006.

El enfoque principal, desde el punto de vista de la sanidad vegetal, es identificar a los organismos genéticamente modificados que se van a liberar como potenciales plagas. Como ejemplo tenemos aquellos productos vegetales que pudieran presentar cambios en sus características de adaptación, aumentar el potencial de resistencia en malezas blanco y, por ende, ocasionar daños a la sanidad de los vegetales.

Tenemos muchos insumos para iniciar la evaluación del riesgo, tales como:

- ✦ El análisis de la solicitud de permiso de liberación que presenta el promovente.
- ✦ El análisis de las opiniones públicas que marca la Ley que tenemos que obtener previamente.
- ✦ El análisis de las respuestas que nos dan el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), la Conabio, el Instituto Nacional de Ecología, la Comisión Nacional Forestal (Conafor) y el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (Inegi), sobre centros de origen para echar a andar el quinto transitorio.
- ✦ El análisis de la información obtenida en visitas de inspección previas, que hacemos con funcionarios del Senasica a los sitios donde se pretende hacer la liberación.
- ✦ El análisis de permisos emitidos previamente.
- ✦ La aplicación de las normas internacionales de medidas fitosanitarias.
- ✦ La aplicación de la Norma Oficial Mexicana 032.
- ✦ El reporte de resultados de liberaciones previas.
- ✦ El análisis de la información generada por la gestión del Régimen Especial de Protección del Maíz, únicamente tratándose de maíz, no en los otros casos.

De esta información surgen varios documentos:

* Director general de Inocuidad Agroalimentaria, Acuícola y Pesquera del Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria (Senasica), dependiente de la Sagarpa.

- a) Ficha técnica de la solicitud, donde se concentra toda la información de las fuentes que cité.
- b) Ficha técnica de las opiniones públicas que se derivan de aquellos particulares que en el momento adecuado emitieron una opinión y, como marca la Ley, en el caso de que haya alguna medida de bioseguridad adicional en ese momento.
- c) Actas de verificación de funcionarios sobre visitas de inspección a los predios polígonos donde se van a hacer las liberaciones y
- d) Definición de cuáles son los elementos críticos que pueden significar un riesgo desde el punto de vista de la sanidad vegetal.

En síntesis, tenemos una buena cantidad de insumos para una evaluación que hace personal capacitado dentro del Senasica. Al final, hay un dictamen interno de la Sagarpa, con toda la información respectiva a los riesgos detectados y las medidas de bioseguridad que puedan generarse por cada uno de esos riesgos. Sin embargo, cuando no existe medida de

bioseguridad científica y técnicamente fundamentada, hay la posibilidad de que el dictamen interno de la Sagarpa sea negativo.

Así, el otorgamiento de un permiso tiene que ver con todas las visitas previas a la liberación, las que se realizan durante la liberación y las efectuadas después de la cosecha.

Solamente citaré, por ejemplo, que la importación de las semillas y su manejo es un aspecto de bioseguridad que siempre cuidamos mucho. Durante la liberación tenemos que asegurarnos, por ejemplo, de la distancia que hay entre ese cultivo y otros parientes relacionados. Y después de la cosecha, por ejemplo, de recuperar todas las plantas voluntarias que pudieran quedar después de esa primera cosecha. Así es como esas medidas se aplican en el análisis y evaluación de los riesgos.

Toda la información está disponible en <<http://www.senasica.gob.mx>>.

Bioseguridad y conservación de cultivos originarios de México

*Dr. José Antonio Serratos Hernández**

Importancia de la conservación de la biodiversidad agrícola

Uno de los primeros científicos, después de Darwin, que estudia los orígenes de las plantas cultivadas por medio de la domesticación, y en consecuencia la diversificación de los cultivos a través del tiempo, es Nikolai Vavilov, quien descubre e identifica los centros de origen y diversidad de los cultivos en el mundo. Gran parte del territorio de México está ubicado en el centro de origen mesoamericano en el cual Vavilov y sus discípulos identificaron 49 especies de plantas cultivadas, entre las que destacan el maíz, la calabaza, el frijol, el algodón, el chile, el cacao, el aguacate y el amaranto.

La conservación de la biodiversidad vegetal en general, y de las plantas cultivadas en particular, es de fundamental importancia porque las plantas son la base de la vida sobre la Tierra. La captura de la energía solar por medio de la fotosíntesis en las especies vegetales permite la formación de los eslabones primarios de todas las interacciones de los organismos, y de éstos con el ambiente, que se llevan a cabo en los ecosistemas. En este sentido, es fácil deducir que muchos de los problemas ambientales que padecemos en la actualidad provienen del deterioro de las plantas silvestres y las cultivadas, lo cual ha conducido a un deterioro ambiental y alimentario para la sociedad en una escala mundial.

Es indudable que existen síntomas en varias partes del mundo que nos anuncian la senda que estamos siguiendo hacia una severa crisis ambiental y de seguridad alimentaria global. En varios países del mundo empiezan a surgir movimientos sociales violentos por la falta de comida y agua.

Pero no sólo es una cuestión de producción de alimentos, sino también de distribución de esos alimentos,

que cada vez es más injusta, ya que junto a cifras récord de producción sigue habiendo hambre en muchos lugares de la Tierra. Para complicar aún más esta situación, la trayectoria tecnológica seguida por la agricultura convencional ha tenido costos ambientales muy grandes que han impactado los ecosistemas globales. El planeta parece no poder soportar la ruta de explotación que se ha seguido y los esquemas de producción agrícola que se han implementado durante la mayor parte del siglo pasado y lo que llevamos del presente. Cada vez es más evidente que la capacidad de carga de los ecosistemas se acerca a sus límites.

Por ejemplo, la mayor parte de lo que comemos se basa en el uso intensivo de los recursos de agua mundiales. Se necesitan 3.4 litros de agua para producir 1 gramo de arroz. El petróleo, por otra parte, es un elemento que en los sistemas de producción de alimentos se ha hecho indispensable ya que se utiliza en tractores y maquinaria, transporte, fertilizantes, pesticidas, procesamiento y empaque. Por ejemplo, se ha estimado que se necesitan 360 mililitros de petróleo para producir un jitomate en invernadero. Así, tenemos que empezar a pensar en formas alternativas de agricultura que no sean tan dependientes del petróleo y que sean sustentables. Por ejemplo, el policultivo, las prácticas agroecológicas y las orgánicas, muchas de ellas empleadas en los sistemas tipo milpa.

En este escenario se enmarca la necesidad de mantener y conservar la biodiversidad agrícola y su hábitat junto con la gente que ha mantenido esos recursos genéticos hasta la fecha, y que enfrenta un nuevo desafío frente al surgimiento de la biotecnología de los organismos genéticamente modificados.

Los cultivos genéticamente modificados en México

Aun cuando la biotecnología agrícola en México se inició a principios de los años setenta, todavía no se ha creado la estrategia tecnológica adaptada a México. En nuestro país la biotecnología está alineada

* Universidad Autónoma de la Ciudad de México. Unión de Científicos Comprometidos con la Sociedad, A.C.

fuertemente a la trayectoria dominante de la agricultura convencional en los países industrializados.

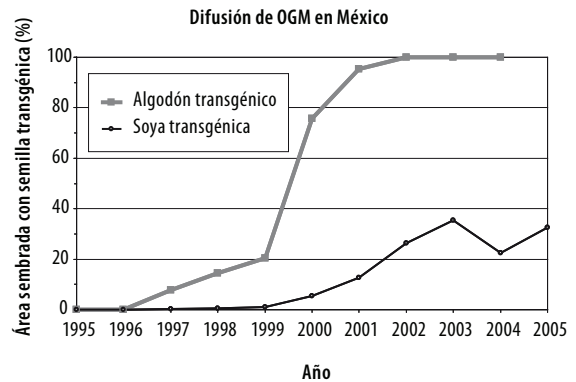
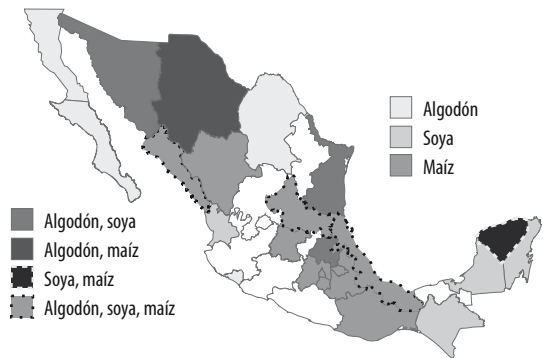
En el sector agrícola de México la capacidad técnico-científica está dispersa y sin integración a redes multidisciplinarias de investigación, por lo que no se ha podido lograr un mayor impacto positivo en el campo mexicano. En el caso particular de la industria agrobiotecnológica, ésta es prácticamente inexistente. Esta industria está representada por la mayoría de las empresas biotecnológicas transnacionales asentadas en México. Sin embargo, y a pesar de este incipiente desarrollo biotecnológico, ya desde 1988 se inició en México la experimentación con cultivos genéticamente modificados; la mayoría de los primeros fueron solicitados por empresas transnacionales que realizaron pruebas de campo con tomate transgénico.

Poco después, entre 1991 y 1996, se sembró papa, tabaco, calabaza, arroz, maíz, algodón y soya transgénicos en pequeñas parcelas de experimentación que no excedían 2.5 hectáreas, excepto en el caso del algodón, del cual se sembraron 35 hectáreas en un primer ensayo. Para 1998 la empresa Monsanto sembró un poco más de 36 000 hectáreas, con algodón transgénico; y en 2004 dos compañías, mayoritariamente Monsanto y Bayer con una cantidad muy pequeña, sembraron cerca de 124 000 hectáreas con este tipo de algodón en varios estados del norte del país. Se habían sembrado, hasta 2005, aproximadamente 574 000 hectáreas con semilla de algodón transgénico en 11 estados de la República.

El caso de la soya transgénica en México es muy parecido al del algodón, pero en una escala menor. El primer ensayo en campo con soya transgénica, en el año 1995, se realizó en una superficie de aproximadamente una hectárea. Según los datos disponibles, alrededor de 35 000 hectáreas fueron sembradas en 2005. En esos diez años se sembraron, en 12 estados de la República desde Sonora hasta Yucatán, más de 110 000 hectáreas con soya transgénica.

En 1991, por intermediación del International Service for the Acquisition of Agri-biotech Applications (ISAAA) y el financiamiento de la Fundación Rockefeller, el Gobierno de México, por medio del Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del Instituto Politécnico

Mapa 1



Nacional (Cinvestav) y el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), estableció un convenio de transferencia de tecnología con la corporación Monsanto de los Estados Unidos. La empresa proporcionó la tecnología de resistencia no-convencional (transgénica) en papa, que sería transferida a las variedades que se utilizan tradicionalmente en las regiones productoras de este tubérculo. El propósito, como se apunta en diversos estudios del caso de la papa transgénica, fue en primer lugar la adopción de innovaciones de empresas transnacionales para producir un modelo replicable de la tecnología transgénica a todo el país. En 1992 se sembró experimentalmente la primera hectárea de papa transgénica en el Cinvestav en Irapuato y para 1996 se sembraron un promedio de dos hectáreas en Guanajuato, Coahuila, Jalisco y Sonora. Todos los escenarios del proyecto apuntaban a una rápida difusión de

la tecnología a partir de 1997 y se enfatizaba que los principales beneficiarios de la tecnología liberada serían los agricultores de pequeña escala. A la fecha no se tienen datos concretos de la difusión de esta tecnología ni de los beneficios logrados.

En cuanto a la experimentación con maíz transgénico en México, oficialmente se tienen registradas un total de 34 pruebas, en áreas menores a dos hectáreas. Estos ensayos se realizaron en el periodo de 1993 a 1998, año en el que se emitió una moratoria *de facto* para la experimentación en campo con maíz modificado genéticamente. A pesar de la moratoria, en 2001 los investigadores Quist y Chapela publicaron su hallazgo de la presencia de maíz transgénico en campos de campesinos de la sierra Juárez de Oaxaca. Estudios posteriores demostraron que el maíz transgénico era detectable en los estados de Oaxaca y Puebla. Varias instituciones públicas han realizado estudios recientes en los que se ha descubierto la presencia de maíz transgénico en lugares tan improbables como el Distrito Federal y tan importantes, desde el punto de vista agrícola, como Sinaloa. Sin embargo, la posición oficial se basa en un estudio publicado en 2005 en el que se concluye que el maíz transgénico casi ha desaparecido de Oaxaca ya que no era detectable después de cuatro años.

Los datos más recientes permiten afirmar que la difusión del maíz transgénico, independientemente de las fuentes, es equivalente a la que observamos en las primeras etapas de la difusión tecnológica del algodón y la soya transgénicos. Esto es, menos de 30 hectáreas sembradas con semilla de maíz transgénico en el periodo de 1992 a 1998 y una gran cantidad de sitios aislados, en varias regiones productoras de maíz, en los que se ha producido, sin saberlo o de manera ilegal, una pequeñísima cantidad de semilla transgénica entre 1997 y 2006. Esta situación de difusión, más o menos restringida, del maíz transgénico se ha roto desde hace años porque no se tiene una evaluación a fondo de la magnitud de la difusión de esta tecnología.

Con los nuevos permisos otorgados para la siembra de maíz transgénico en áreas experimentales del norte de México, podemos suponer que, con base en la estructura regulatoria de la Ley de Bioseguridad de

Organismos Genéticamente Modificados, se estarán dando los primeros pasos para la liberación y desregulación del maíz transgénico. En este escenario, el maíz transgénico tendrá una velocidad de difusión acelerada porque, además de la semilla que se estaría produciendo en varias regiones del país, tendría una base de semilla transgénica que se habría producido por la difusión subrepticia anterior a la desregulación. De esta forma, estaríamos muy cerca de un modelo de difusión de maíz transgénico en México semejante al que se impuso en los Estados Unidos con la introducción del maíz híbrido a finales de los años treinta del siglo pasado.

El cambio biotecnológico en México ha dependido de las innovaciones tecnológicas de las empresas transnacionales. Se ha incentivado la adopción de esta tecnología, por ejemplo, en el caso del algodón al incorporarlo al Procampo. Con ello, en tiempo récord, parecido al que tomó la adopción del maíz híbrido en Iowa, se ha cubierto con semilla transgénica casi 100 por ciento de la superficie dedicada a la producción comercial de algodón en el norte del país. Asimismo, mediante donaciones biotecnológicas, se han introducido modelos que no parecen haber incentivado el cambio técnico apropiado para las condiciones del país.

La difusión de los organismos genéticamente modificados (OGM) en México ha seguido caminos poco ortodoxos si consideramos el hecho de que existe una regulación de este tipo de productos biotecnológicos. Los casos del algodón y la soya transgénicos nos permiten observar que la promoción de estos cultivos ha rebasado, con mucho, la regulación que se había implementado en un primer momento de la introducción al país de estos organismos modificados. La difusión del maíz transgénico en México es todavía más aberrante porque se ha dado por diversos mecanismos formales, informales e ilegales que aprovecharon las lagunas en el esquema regulatorio, de vigilancia y de control.

Los productos agrobiotecnológicos, en particular los organismos genéticamente modificados, han impuesto en nuestro país una trayectoria tecnológica que está íntimamente ligada a los esquemas de desarrollo de las empresas propietarias de esos productos.

La bioseguridad en México

En sus inicios, todos los aspectos de bioseguridad fueron encargados a la Dirección General de Sanidad Vegetal (DGSV) de la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (Sagarpa), la cual se apoyó en las autoridades gubernamentales responsables de la bioseguridad en los Estados Unidos y Canadá, principalmente en la Organización de la Protección Vegetal de América del Norte (OPVAN o NAPPO, por sus siglas en inglés). En 1988, aunque muy incipiente, el tema de la bioseguridad de OGM se empezó a discutir en pequeños círculos de especialistas y entre algunos productores, particularmente del norte del país.

En este contexto, hacia 1993 un grupo *ad hoc* de científicos de disciplinas diversas discutimos y propusimos la filosofía regulatoria y los principios que fueron el fundamento del sistema de bioseguridad mexicano en aquellos años. El ingeniero Marco Antonio Carreón-Zúñiga, en ese entonces director de la DGSV, describió los fundamentos que manejó el Comité Nacional de Bioseguridad Agrícola (CNBA) en sus inicios: “los principios científicos que forman la base de las revisiones y análisis de riesgos y peligros con relación a la introducción de OGM al ambiente, están derivados esencialmente de la Ecología. La suposición básica o hipótesis de trabajo es que los ecosistemas –y particularmente la biodiversidad– pueden ser alterados por la introducción de organismos genéticamente modificados”.

De acuerdo con esa hipótesis de trabajo, en la práctica, los solicitantes de permisos para pruebas de campo con OGM tendrían que demostrar que los ecosistemas no se alteraban al introducir organismos transgénicos y que la biodiversidad no sufriría efectos negativos al interactuar con ellos. En aquellos años, la visión de la DGSV y el CNBA estaba dirigida a la prevención y, sin formalizarlo, se estaba utilizando el enfoque de precaución con relación a los organismos genéticamente modificados. En ese mismo año, al saber que la compañía Monsanto estaba a punto de lograr la desregulación en los Estados Unidos de una línea de maíz transgénico resistente a lepidópteros, el director de la DGSV envió un oficio al director del Servicio de Inspección Sanitaria Vegetal y Animal (APHIS,

por sus siglas en inglés) para manifestarle la preocupación de la DGSV por ese hecho.

En particular, se solicitaba al director de APHIS tomar en consideración que el maíz es una planta de polinización libre y que la desregulación implicaría una gran incertidumbre con relación a la pureza genética del maíz no transgénico (mazorca, semilla o grano) que fuera exportado a México desde los Estados Unidos. Se argumentaba que la obligación de México es “conservar el patrimonio y recursos genéticos que [le] confiere ser centro de origen [del maíz]” y, por lo tanto, se hacía un atento llamado a tomar en cuenta esas consideraciones antes de desregular el maíz transgénico. Desafortunadamente, el gobierno de los Estados Unidos minimizó esos argumentos y así se perdió la oportunidad de haber discutido, desde entonces, la forma de enfrentar los problemas que se originarían en México como consecuencia de la desregulación de maíz transgénico en los Estados Unidos.

El mismo año se concluyó la norma oficial NOM 056 FITO 1995 (publicada en 1996). La Norma 056 fue el instrumento que utilizó la Sagarpa con 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” y para lo cual se formalizó el CNBA con la tarea de funcionar como un órgano auxiliar de consulta y apoyo en el análisis de información técnica referida en la Norma 056. Es interesante constatar que en uno de los considerandos de la Norma 056 se establece que “la introducción de los organismos manipulados mediante ingeniería genética para aplicarse en agricultura, constituye un alto riesgo, por lo que su importación, movilización y uso en territorio nacional, debe realizarse en estricto apego a medidas de bioseguridad”. En ese sentido, se trató de que todas las evaluaciones por parte del CNBA fueran lo más cautelosas posibles, en particular en el caso del maíz.

A partir de 1996, y hasta enero de 1999, hubo un crecimiento significativo de solicitudes de experimentación en campo con maíz transgénico. En la mayoría de los casos (20 ensayos) se trató de pruebas para medir la eficacia del maíz resistente al ataque de

insectos lepidópteros o maíz *Bt*, por contener la endotoxina de la bacteria *Bacillus thuringiensis*. Sin embargo, también se solicitaron permisos (ocho ensayos) para probar los dos tipos de maíz tolerante a herbicidas (glifosato y glufosinato). En dos casos del Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT) se solicitó permiso para generar semilla, y al retrocruzar con polen de maíz normal el jilote de plantas transgénicas. En todos los casos, el área de campo utilizada no excedió una hectárea y se tomaron medidas de control para el manejo del material transgénico, principalmente: 1) no permitir la madurez sexual de la planta o desespigar todas las plantas en el experimento; 2) instalar barreras físicas y biológicas alrededor de las pruebas; 3) ocupar personal calificado y autorizado para el manejo del ensayo; 4) destruir o incinerar material transgénico remanente y las barreras biológicas en el caso de que se hubiera utilizado maíz.

En esos años (1995-1998) se aprendieron y generaron métodos y técnicas que permitieron el manejo básico del maíz transgénico en condiciones experimentales supervisadas. En 1997 ya se tenían, básicamente, los elementos preliminares para un escrutinio científico de las pruebas de campo en condiciones experimentales. Se sabía que en superficies de menos de una hectárea, con supervisión técnica, desfase de cultivo y barreras físicas y biológicas, es posible manejar en campo el maíz transgénico. Además, se podían llevar a cabo polinizaciones experimentales con maíz transgénico incrementando la astringencia de las medidas de bioseguridad y reduciendo, aún más, el tamaño de la parcela. Sin embargo, la siguiente escala en este proceso, el aumento en el tamaño de las parcelas experimentales y la gran cantidad de permisos que se estaban solicitando eran motivo de preocupación en el Comité Nacional de Bioseguridad Agrícola.

A pesar de la experiencia acumulada por el CNBA y la información generada en dos foros cuyo tema central fue el manejo y bioseguridad del maíz transgénico, además de una creciente participación de algunos sectores de la sociedad en este tema, no hubo una respuesta clara del gobierno para apoyar las iniciativas referentes al impacto del maíz transgénico, propuestas por los científicos y la sociedad. Lo que sí hubo fue una presión muy fuerte de las

empresas para realizar pruebas *experimentales* de gran escala que involucraban superficies de varias hectáreas. En 1998 el CNBA analizó nuevas solicitudes de las principales empresas para llevar a cabo experimentos reiterativos, idénticos a los que ya se habían realizado, en superficies mucho más grandes; sin embargo, la información que generaban no era adecuada para evaluar los riesgos reales en las condiciones de la agricultura mexicana. En mi opinión, esas solicitudes tenían el propósito de acelerar el proceso de desregulación, tal como estaba sucediendo con el algodón transgénico para el que ya en 1998 se pedían permisos para hacer ensayos en miles de hectáreas.

Después de varias reuniones internas y de valorar la situación, con base en las experiencias de los permisos concedidos y las recomendaciones de especialistas en los foros, algunos miembros del CNBA discutimos y enviamos una propuesta de moratoria a la liberación de maíz transgénico para consideración de la DGSV y la Sagarpa. Hacia finales de 1998, la Sagarpa implementa la moratoria *de facto* por medio de la Subsecretaría de Agricultura. En la práctica, la moratoria empieza a funcionar en 1999.

Con la implementación de la moratoria se llevan a cabo una serie de cambios en puestos clave de la Sagarpa, en particular en la Subsecretaría de Agricultura, y de manera relevante la creación de la Comisión Intersecretarial de Bioseguridad de los Organismos Genéticamente Modificados (Cibiogem), con lo que se desintegra el CNBA. En 1999 se crea un comité *ad hoc* para elaborar un documento que sirviera de base para establecer las acciones de gobierno con relación a la bioseguridad. Ese documento es el fundamento para la conformación de la Cibiogem; sin embargo, en el decreto presidencial de su creación se modifican sustancialmente los preceptos y la filosofía de bioseguridad que había desarrollado el CNBA.

En los años siguientes, los acontecimientos generados por el descubrimiento de maíz transgénico en Oaxaca dominarían el tema de la bioseguridad en el país y desencadenarían una serie de eventos que culminan con la situación actual de la bioseguridad que, como ya se mencionó, encaminan a nuestro país a la

desregulación de los cultivos transgénicos en el centro de origen y diversificación del maíz y el algodón, cultivos originarios de nuestro país.

La ley mexicana de bioseguridad y la conservación de los cultivos originarios de México

Desde muy temprano en el desarrollo de la bioseguridad en México se identificaron los problemas e impactos que se darían en la agricultura con la introducción de cultivos transgénicos e incluso, en el caso del maíz, las posibles vías de entrada del maíz modificado genéticamente. Se elaboraron recomendaciones que han resistido la prueba del tiempo, ya que se han reiterado una y otra vez en diferentes tiempos, circunstancias y con diferentes actores, y también se trabajó para implementar las bases de la regulación con criterios científicos multidisciplinarios. Sin embargo, los vaivenes en las políticas y estrategias gubernamentales para enfrentar este problema tuvieron gran influencia en esta situación.

Nunca terminó de consolidarse una verdadera política de Estado en bioseguridad, en particular para el maíz, al desperdiciar muchos años de experiencias con cambios inoportunos que generalmente respondían a intereses particulares específicos, por encima del interés nacional estratégico en el cuidado del patrimonio genético. En mayor o menor medida, significativamente con los últimos gobiernos, se ignoró la historia y se reinventó la bioseguridad sin aportar algo más de lo que ya se había trabajado. Por el contrario, por la falta de voluntad política y la complacencia con intereses particulares se dieron pasos atrás en la conformación de un sistema de bioseguridad que fuese apropiado para nuestro país. Por ello, ya es inculcable que el maíz transgénico se ha introducido en el centro de origen del maíz y desde entonces continúa su dispersión, además de que el algodón está

incrementando su difusión y promoción en México desde hace muchos años.

Por lo tanto considero, como se discute en el libro publicado por la UNAM y la Conabio: *Origen y diversificación del maíz: una revisión analítica*, que es necesario revisar varios aspectos fundamentales contenidos en la Ley de Bioseguridad, en particular las definiciones de *centros de origen, domesticación y diversidad*, así como el fortalecimiento del Régimen de Protección Especial al Maíz. En la Ley de Bioseguridad de Organismos Genéticamente Modificados estos conceptos (origen y diversidad) son construcciones imprecisas y deformadas de las investigaciones que se tienen en la actualidad. Por ejemplo, la definición de *centro de origen* (art. 3, VIII) incluye el proceso de domesticación, pero separa el factor de la diversidad trasladándolo a una segunda definición (art. 3, IX). De esa forma, rompe la unidad del concepto y reduce el centro de origen al área en la que se domesticó el cultivo y no a su diversidad. En el caso del maíz, si se tomara al pie de la letra la definición de centro de diversidad como se enuncia en el artículo 3, fracción IX, no se podrían proteger regiones enteras de México que contienen una gran diversidad de maíz.

Además de estos instrumentos legislativos, es necesario impulsar políticas de Estado que atiendan la conservación de recursos genéticos, patrimonio de todos los mexicanos y de la humanidad, y hacer un alto en el camino para defender este patrimonio.

Es necesario recordar que además de los riesgos para la bioseguridad de los cultivos nativos de México por la introducción de transgenes, el riesgo jurídico por la inserción de las secuencias genéticas patentadas es inmediato y de consecuencias todavía no valoradas para las razas de maíz de México y los campesinos que las cultivan.

Avances en la experimentación de cultivos transgénicos

*Dr. José Luis Martínez Carrillo**

Vamos a presentar información sobre el trabajo que hemos tenido con la experimentación en cultivos transgénicos. Este es un tema controvertido, como ha sido evidente en otras presentaciones realizadas durante el desarrollo del foro. Nosotros vamos a informar sobre lo que realmente estamos haciendo los investigadores en campo con estos cultivos; estamos en el campo luchando con los productores para salir adelante con los diversos problemas que enfrentan para hacer redituable la producción agrícola.

Como es sabido, actualmente vivimos en un mundo globalizado, por lo cual, el impacto que causa una actividad en un país puede repercutir en diversos países del orbe. Tenemos también una economía globalizada y movimientos geopolíticos para formar alianzas estratégicas entre países. Éstas son las fuerzas que están forjando el mundo en el siglo XXI, y un aspecto muy importante es el acelerado crecimiento en el conocimiento humano por medio de la ciencia y la tecnología.

Desde este punto de vista, y como investigadores, nos interesa generar conocimiento en nuestro país para poder aprovechar las tecnologías que se están desarrollando.

Dentro de los retos del siglo XXI está el incremento de la población, el hambre, la pobreza, la contaminación ambiental y sobre todo un desarrollo tecnológico acelerado. Éstos son algunos de los aspectos que tenemos que enfrentar: desnutrición, pobreza, mal reparto de los ingresos, superficie de siembra que tiende a disminuir; por ello necesitamos incrementar los alimentos y su calidad.

Así, una tendencia que definitivamente afectará el entorno global es la revolución biotecnológica en la agricultura. No cabe duda de que va a haber, y está habiendo, un cambio en este aspecto. Ya se ha visto

lo que es la biotecnología: la aplicación de nuestros conocimientos de la biología a la satisfacción de necesidades prácticas.

La biotecnología actual se identifica por el conocimiento acerca del código genético de los organismos y su manipulación; nació en los años setenta del siglo pasado y uno de sus más importantes logros ha sido la creación de plantas transgénicas o biotecnológicas.

La adopción de cultivos biotecnológicos o transgénicos continúa creciendo en el mundo (cuadro 1): se reportan 134 millones de hectáreas que fueron sembradas en 2009 por 14 millones de agricultores de 25 países. México ocupa el décimo quinto lugar en el uso de estas tecnologías, que inició con algodón en 1996.

Los principales cultivos biotecnológicos en el mundo son: soya, maíz, algodón y canola (cuadro 2). Entre los eventos que se están utilizando, el dominante ha sido la resistencia a herbicidas en los principales cultivos como soya, maíz, canola, algodón, remolacha y alfalfa, que ocuparon en 2009 una superficie de 83.6 millones de hectáreas. Por tercer año consecutivo los productos de dos o tres eventos apilados ocuparon una superficie mayor, con 28.7 millones de hectáreas, que los eventos de variedades resistentes a insectos, de los cuales se sembraron 21.7 millones de hectáreas.

En México ha habido una serie de ensayos aprobados para cultivos transgénicos, pero en el ámbito comercial únicamente tenemos, en forma extensiva, algodón y soya con las toxinas *Bt*, para resistencia a insectos y el evento para resistencia a herbicidas. A partir de 2009 se permitieron pruebas experimentales con maíz transgénico.

Tenemos un reto dentro del conocimiento de la biotecnología agrícola: hay que crear cultivos que resistan condiciones climáticas extremas, ya que el cambio climático está siendo muy importante, y está propiciando cambios en el desarrollo de nuestros cultivos; debemos desarrollar plantas que requieran menos uso de sustancias tóxicas, menos agua, que sean más

* Profesor e investigador del Instituto Tecnológico de Sonora.

Cuadro 1. Área global de cultivos biotecnológicos por país en 2009 (millones de hectáreas)

Puesto	País	Área (millones de hectáreas)	Cultivos biotecnológicos
1	Estados Unidos*	64.0	Soya, maíz, algodón, canola, calabaza, papaya, alfalfa, remolacha
2	Brasil*	21.4	Soya, maíz, algodón
3	Argentina*	21.3	Soya, maíz, algodón
4	India*	8.4	Algodón
5	Canadá*	8.2	Canola, maíz, soya, remolacha
6	China*	3.7	Algodón, tomate, álamo, papaya, pimiento morrón
7	Paraguay*	2.2	Soya
8	Sudáfrica*	2.1	Maíz, soya, algodón
9	Uruguay*	0.8	Soya, maíz
10	Bolivia*	0.8	Soya
11	Filipinas*	0.5	Maíz
12	Australia*	0.2	Algodón, canola
13	Burkina Faso*	0.1	Algodón
14	España*	0.1	Maíz
15	México*	0.1	Algodón, soya
16	Chile	<0.1	Maíz, soya, canola
17	Colombia	<0.1	Algodón
18	Honduras	<0.1	Maíz
19	República Checa	<0.1	Maíz
20	Portugal	<0.1	Maíz
21	Rumania	<0.1	Maíz
22	Polonia	<0.1	Maíz
23	Costa Rica	<0.1	Algodón, soya
24	Egipto	<0.1	Maíz
25	Eslovaquia	<0.1	Maíz

* 50 000 hectáreas o más de cultivos biotecnológicos en 15 países.

Fuente: Clive James, 2009.

Cuadro 2. Principales cultivos biotecnológicos en 2009

Cultivo	Superficie en millones de hectáreas	% de la superficie mundial
Soya	69.2	52
Maíz	41.7	31
Algodón	16.1	12
Canola	6.4	5

nutritivas para los seres humanos y el ganado que las consume.

¿Qué ha pasado con la ingeniería genética y la biotecnología agrícola? Uno de los eventos que se ha desarrollado más rápidamente es la creación de plantas transgénicas o biotecnológicas que expresan las toxinas *Bt* con resistencia a insectos y con resistencia a herbicidas. Definitivamente la biotecnología es una herramienta más que nos permite tener un manejo integrado de varias plagas importantes que atacan diversos cultivos, como el gusano bellotero, el gusano tabacalero, el gusano rosado, el gusano cogolle-ro, el gusano soldado, el gusano elotero, entre otros, que conllevan serios problemas para la agricultura nacional.

Como investigador en entomología, como entomólogo, creo que la biotecnología representa una alternativa al uso unilateral de insecticidas. Nosotros hemos desarrollado bastantes trabajos en el manejo integrado de plagas.

Se habla mucho de que para manejar nuestro problema de plagas tenemos que realizar un *manejo integrado de plagas*, que es un concepto bastante desacreditado. Todo el mundo lo usa, pero lo usa mal, generalmente para su propio beneficio. Si se quiere vender un producto, se dice que se puede utilizar dentro de un programa de manejo integrado de plagas, sin considerar que éste implica un conocimiento holístico del sistema de producción y no sólo la aplicación de productos de bajo impacto en la fauna benéfica, como se ha tratado de manejar en algunas ocasiones.

En el manejo integrado de plagas –se dice manejo integrado de plagas, pero en realidad gran parte de este manejo se hace mediante control químico– seguimos usando los insecticidas –y quiero aclarar que no son *pesticidas*, como he oído que se menciona: son plaguicidas porque estamos matando plagas, no estamos matando pestes, *pesticida* es un anglicismo. En el manejo integrado de plagas se enfatiza que se deben buscar fechas de siembra apropiadas, destrucción de residuos de cosecha, ventanas libres de hospederos, liberación de insectos benéficos, etcétera. Cuando estas actividades se efectúan en una determinada región y se realizan bien, sí funcionan. Lo podemos decir porque en el noroeste de México hemos tenido la oportunidad de reducir problemas tan serios como el de la mosquita blanca en toda la región, con un programa de manejo integrado bien aplicado.

Los plaguicidas son herramientas que se pueden utilizar para el control de plagas; sin embargo, hay que usarlos de manera racional, para lo cual hay que pensar cuándo y cómo los utilizamos, y es ahí donde muchas veces tenemos los problemas.

Pero, como decía, el problema sigue siendo el uso indiscriminado de plaguicidas, lo que provoca contaminación ambiental, daños a la salud, reducción de fauna benéfica y fauna silvestre, altos costos de producción y resistencia en las plagas.

En un área desarrollada, como es el Valle del Yaqui, se está aplicando paratión metílico en polvo para matar pulgones en trigo. Este producto y la forma en que se aplica (dos personas llevan una mochila de motor espolvoreando el producto y cubiertos únicamente con un pañuelo para hacer la aplicación y matar los pulgones que tiene el trigo) se considera que es más barato que una aplicación aérea, pero esto es criminal, ya que expone la salud de las personas. Además, el polvo es arrastrado por el viento y toda esta contaminación va a dar a las zonas urbanas y a las zonas rurales. El Instituto Tecnológico de Sonora ha realizado estudios de residuos de plaguicidas en la sangre de las personas que viven en el campo, y ha encontrado altos niveles de plaguicidas. Éste es un problema al que yo, como entomólogo, considero que se le debe buscar una solución. La biotecnología, con el desarrollo de plantas transgénicas resistentes a los insectos, nos presenta una herramienta más que se puede utilizar para reducir los problemas antes señalados y que debemos evaluar en México.

Sonora es uno de los primeros lugares en donde se ha aprobado y establecido la evaluación de maíz transgénico en México, para ello se ha seguido toda la normatividad de bioseguridad vigente para este tipo de evaluaciones. Ya se describieron en este foro todas las actividades y notificaciones que se tienen que realizar desde que llega la semilla, cuando se planta, la vigilancia de los predios, la destrucción de material vegetativo y la estricta inspección por las autoridades encargadas de dar seguimiento a estos experimentos. Estamos tratando de seguir toda la normatividad con el fin de generar conocimientos en nuestro país sobre el valor de esta tecnología para el manejo de plagas y control de maleza que se presenta en los sistemas de producción agrícola del noroeste de México.

En México, el gusano cogollero, *Spodoptera frugiperda*, es la plaga principal del maíz. Dicen que los maíces transgénicos que nos trajeron las transnacionales no fueron desarrollados para nuestro país; pues vamos viendo si esa tecnología funciona con nuestras plagas, para ello es necesario establecer experimentos de evaluación de la respuesta de estos materiales bajo nuestras condiciones de producción y presión de plagas. Además del gusano cogollero, otro problema

entomológico es el gusano elotero, *Helicoverpa zea*, y en algunos lugares de México, la diabrotica, la gallina ciega y el gusano barrenador son serios problemas que generalmente se combaten con plaguicidas. Para nosotros, en Sonora, la maleza conocida como correhuela representa también un serio problema para la producción agrícola.

En octubre de 2009 se establecieron los ensayos experimentales con maíz transgénico en el Valle del Yaqui. Lo que se ha estado observando con respecto al comportamiento de estos materiales, en el caso del gusano cogollero, es que no son dañados por la plaga, mientras que el daño del gusano cogollero en maíz convencional puede llegar a trozar completamente la planta y destruirla. Productores de la región mencionaron que tuvieron que realizar hasta cinco aplicaciones de insecticida para reducir el daño ocasionado por esta plaga.

Si me dicen que existe una herramienta con la cual la gente del campo, que no tiene los conocimientos de un manejo apropiado de los insecticidas ni el equipo adecuado, va a mejorar su salud al disminuir su exposición a la contaminación por plaguicidas, lógicamente voy a buscar esa alternativa de solución, ya que la contaminación afecta a toda la comunidad.

El gusano elotero es otra plaga importante del maíz (estoy seguro que la mayoría de las personas lo han visto, es el gusano que encuentran en los elotes cuando se los están comiendo; a veces no lo ven, porque ya lo mordieron, pero cuando lo llegan a ver, ahí está dañando el maíz). Destruye una buena parte de la mazorca. En maíz convencional observamos el daño, pero no se presentó daño en el maíz biotecnológico.

Hasta ahora, en el experimento hemos observado todavía algunos problemas en cuanto al llenado completo de los granos, esterilidad en la punta de la mazorca, que son situaciones que se tienen que evaluar y tratar de resolver, pero en cuanto a plagas, el maíz transgénico está funcionando bien para las plagas que estamos evaluando.

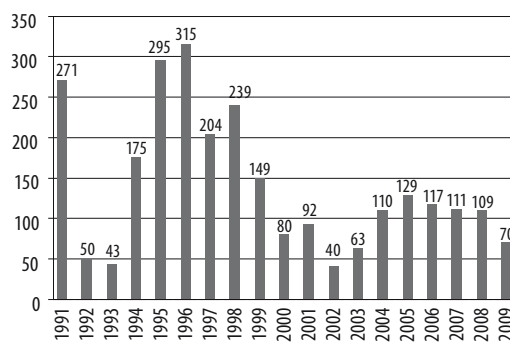
La correhuela es un problema muy serio en nuestros cultivos en el Valle del Yaqui. Debido a la invasión de esta maleza, se ha perdido el valor del suelo por las

altas infestaciones que se presentan, de tal forma que ya no se puede producir en algunos de ellos.

En el cultivo de maíz, la correhuela puede llegar a subir por la planta afectando su desarrollo. En las evaluaciones realizadas se observó buen control de esta maleza en los materiales transgénicos, permitiendo aplicar directamente sobre las plantas ya emergidas y controlarla.

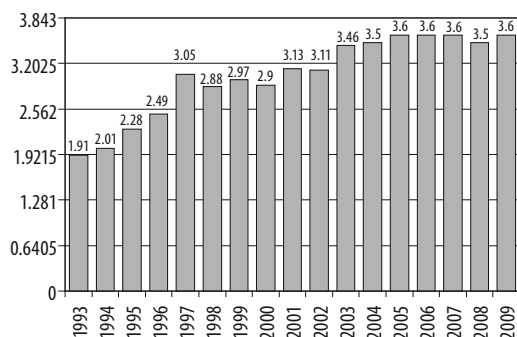
Nuestra experiencia con algodón transgénico es amplia, hemos trabajado con estos materiales prácticamente desde que se inició su cultivo en México. Este cultivo ha disminuido drásticamente en cuanto a la superficie de siembra. En 1996 se llegaron a sembrar hasta 315 000 hectáreas y actualmente se están sembrando entre 70 y 100 000 hectáreas (gráfica 1).

Gráfica 1. Superficie de siembra de algodón en México (miles de hectáreas)



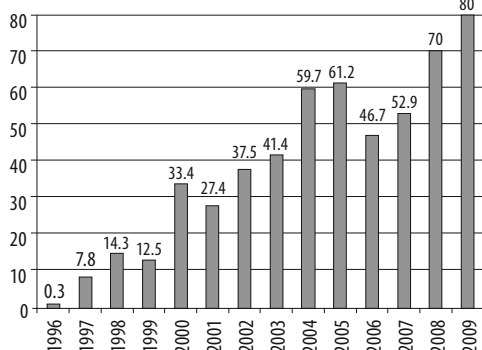
Hemos observado que a partir de que fueron sembradas las plantas transgénicas de algodón, ha aumentado el rendimiento (gráfica 2). Los datos proporcionados por la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (Sagarpa) así lo indican. Dicen algunas personas que los materiales transgénicos no aumentan rendimiento, y efectivamente es posible que no aumenten rendimiento, ya que éste se manifiesta con base en las características genéticas y las condiciones de suelo y clima de la región donde aquéllos se desarrollan, pero al evitar que sean dañados por las plagas, hay una ganancia en el rendimiento que se ha observado.

Gráfica 2. Incremento en rendimiento



La adopción de algodón biotecnológico en México ha llegado a 80 por ciento de la superficie sembrada (gráfica 3), pero ya no está en la fase de experimentación, está en la fase piloto, que es la segunda fase, y de ahí, como mencionaron anteriormente, la tercera fase es la de comercialización. Una cosa que aún no entiendo, es cómo, si de toda la superficie de algodón que se siembra en México, 80 por ciento es transgénico, todavía está en fase piloto.

Gráfica 3. Porcentaje de algodón biotecnológico en México



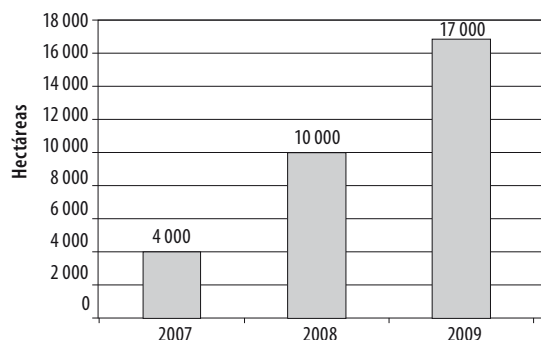
¿Qué hemos visto con la siembra de algodón biotecnológico? Incremento del rendimiento, reducción de aplicación de insecticidas y por lo tanto menor daño en la salud de los trabajadores al usar menos plaguicida. Por ejemplo, en La Laguna se llegaron a hacer hasta 12 aplicaciones de insecticida contra el gusano

rosado, y después que entró el algodón biotecnológico bajó a solamente dos aplicaciones. Es una reducción considerable en el uso de plaguicidas y se logró además la supresión de plagas importantes como el gusano rosado y el gusano tabacalero.

Nosotros hicimos las pruebas para evaluar la resistencia del gusano tabacalero a las toxinas que contienen los materiales transgénicos de algodónero y también se desarrollaron estudios para gusano rosado y gusano bellotero. Uno de los problemas más serios que pueden surgir con el uso extensivo de los materiales transgénicos es la resistencia que pueden desarrollar las plagas expuestas a presión de selección, esto lo vamos a ver más adelante.

No abordo el cultivo de la soya porque todavía no tenemos suficientes datos sobre éste, pero en el caso de algodónero se han obtenido datos con respecto a que los insectos llegan a desarrollar resistencia.

Gráfica 4. Superficie de soya biotecnológica en México



Si sabemos que los insectos pueden desarrollar resistencia a las toxinas *Bt* que se expresan en los materiales transgénicos, entonces tenemos que monitorear las poblaciones de insectos expuestos a estas toxinas para conocer la respuesta que se está presentando. Las autoridades de la Sagarpa tienen como requisito para la autorización de la siembra de estos materiales, que se lleve a cabo un programa de monitoreo constante, para ver si se presenta un cambio en la respuesta de las poblaciones expuestas a las toxinas que contienen los materiales transgénicos *Bt*.

Cuadro 3. Respuesta de inhibición a dosis de diagnóstico de 0.05 µg/ml de la toxina Cry1Ac en larvas de H.v. 5 dda.

Colonia	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
Culiacán	98	98				98				
Mochis	97	98							99	
Guasave		98	98							
Yaqui-1	96	99	98	97	98	98	98	98	98	98
Yaqui-2	98		98	98	98	98	97	98	98	98
Yaqui-3	97	98	98	97	97	98	97	98	98	98
Caborca		98	98	97			97		99	
Sonoyta				95						
Mexicali			98	98	98					
Susceptible	98	99	99	99	99	99	99	99	99	99

Cuadro 4. Líneas base de mortalidad de la toxina Cry2Ab de *Bacillus thuringiensis* en poblaciones de gusano tabacalero en México

Colonia µg/ml	CL50 µg/ml	Límites fiduciales al 95%	CL95 µg/ml	Pendiente
Sus 02	1.564	1.220 - 1.991	28.81	1.30
Sus 05	0.999	0.789 - 1.239	10.03	1.64
Sus 06	0.850	0.674 - 1.055	8.953	1.61
Yaqui 02	1.607			
Yaqui 03	1.630	1.252 - 2.095	45.79	1.14
Yaqui 04	1.006	0.786 - 1.272	17.20	1.33
Yaqui 05	2.054	1.672 - 2.509	20.73	1.64
Yaqui 06	0.768	0.647 - 0.905	3.398	2.55
Yaqui 07	0.840	0.764 - 0.927	3.570	2.63

Cuadro 5. Líneas de respuesta dosis-mortalidad con la toxina Cry2Ab en poblaciones de gusano cogollero, *Spodoptera frugiperda*, del Valle del Yaqui, Sonora, 2007

Colonia	CL50 µg/ml	Límites fiduciales al 95%	CL95 µg/ml	Pendiente
Susceptible	14.87	13.324-16.822	29.336	1.69
La Laguna	16.24	14.474-18.476	32.814	1.61

Cuadro 6. Líneas de respuesta dosis-mortalidad con la toxina Cry2Ab en poblaciones de gusano soldado, *Spodoptera exigua*, 2007

Colonia	CL50 µg/ml	Límites fiduciales al 95%	CL95 µg/ml	Pendiente
Susceptible	8.02	7.070-9.122	19.21	1.17

Los monitoreos de resistencia se iniciaron en el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) y el Colegio de Posgraduados desde 1997, con la toxina Cry1Ac y continúan hasta la fecha. A partir de 2002 en los materiales que se comercializan en México se introdujo otra toxina, la Cry2Ab, y desde entonces también con ella se sigue trabajando (cuadros 3 y 4).

Los datos obtenidos desde 1997 hasta 2007 indican que en las poblaciones que hemos evaluado en el país no tenemos resistencia a las toxinas que se están usando. También hemos generado datos de líneas

base de estas toxinas con insectos, como el gusano cogollero, *Spodoptera frugiperda*, y el gusano soldado, *Spodoptera exigua*, plagas que atacan al maíz (cuadros 5 y 6).

Finalmente, como conclusiones, podemos decir que la adopción de cultivos biotecnológicos en el nivel mundial continúa creciendo. En México desde 1996 se ha sembrado el algodón biotecnológico sin problemas, con incremento del rendimiento y sobre todo con la generación de conocimientos de gran importancia para el desarrollo de la ciencia. Los científicos mexicanos necesitamos generar conocimiento para poder

tener argumentos a favor o en contra de lo que estamos discutiendo en este foro. Considero que la evaluación de otros cultivos mejorados por medio de la biotecnología puede ayudar a mejorar la producción agrícola y reducir problemas fitosanitarios en México.

Referencias

MARTÍNEZ-CARRILLO, J.L., M. Berdegué *et al.* (1999): "Responses of tobacco budworm populations from Mexico to *Bt* Cry1A(c) toxin", en J.L. Martínez Carrillo (ed.), *Proceedings of the Beltwide Cotton Conferences*, 3-7 de enero, Orlando FL., National Cotton Council of America, Memphis, TN, pp. 965-967.

MARTÍNEZ-CARRILLO, J.L., D.G. Romero y J.J. Pacheco C. (2004): "Tobacco budworm response to Cry1Ac and Cry2Ab toxins to *Bacillus thuringiensis*", en *Proceedings of the Beltwide Cotton Conferences*, San Antonio, TX, pp. 1618-1622.

BLANCO, C.A., I. Ali, R. Luttrell, S. Sivasupramaniam y J.L. Martínez-Carrillo (2005): "Susceptibility of four

Heliothis virescens and *Helicoverpa zea* reference colonies to a homogeneous Cry1Ac-incorporated insect diet: Implications for an area wide monitoring program", en *Proceedings of the Beltwide Cotton Conference*, New Orleans, LA, pp. 1226-1232.

MARTÍNEZ-CARRILLO, J.L., y N. Díaz-López (2005): "Nine years of transgenic cotton in Mexico, adoption and resistance management results", en *Proceedings of the Beltwide Cotton Conference*, New Orleans, LA.

TERÁN-VARGAS, A.P., J.L. Martínez Carrillo, C. Rodríguez-Maciel, C.A. Blanco (2006): "Bollgard Cotton and Pyrethroid resistance en Tobacco budworm in Tamaulipas, Mexico", in *Proceedings of the Beltwide Cotton Conference*, San Antonio, TX, pp. 1104-1111.

MARTÍNEZ-CARRILLO, J.L. y N. Díaz-López (2008): "Response of Tobacco budworm populations from the Yaqui Valley, Sonora to Cry2Ab toxin of *Bacillus thuringiensis*", en *Proceedings of the Beltwide Cotton Conference*, Nashville, TN.

Medidas de bioseguridad implementadas en el inicio de la siembra experimental con maíz genéticamente modificado en México

Lic. Fabrice Salamanca R.*

AgroBIO México, el organismo que represento en este foro, es la Cámara Nacional de la Industria de Biotecnología Agrícola, la cual presido. Agradezco a la Comisión de Agricultura tener esta oportunidad y participar después del doctor Martínez Carrillo, quien pudo dar un adelanto de qué es lo que se está haciendo en la experimentación con maíz genéticamente modificado en el estado de Sonora.

México cuenta con un sólido marco que regula las siembras de cultivos transgénicos y que fue discutido y aprobado por todas las fuerzas políticas representadas en el Congreso en 2005. Del marco legal, compuesto por la Ley de Bioseguridad de Organismos Genéticamente Modificados, su reglamento y el Régimen de Protección Especial del Maíz, solamente subrayaría que a veces caemos en un falso debate, como si la discusión fuera entre sembrar transgénicos en todo México o no sembrarlos en ningún lugar.

La Ley establece con absoluta claridad, en su artículo 88, que no se puede liberar al medio ambiente (sembrar) ningún transgénico en las regiones que sean centro de origen y de diversidad genética de esa misma especie de plantas. No está a discusión, está claramente establecido en la Ley.

Otra cuestión diferente es la que el doctor Serratos apuntaba sobre el concepto de *centro de origen*. Yo confío en que las autoridades interpretarán, en aras de proteger esa diversidad, pero nadie está pensando en sembrar maíz transgénico en Oaxaca, en Puebla o en Tlaxcala, donde existe una enorme diversidad de maíces criollos desde hace mucho tiempo.

Aquí la cuestión es que ni todo México, ni sólo México, es centro de origen y diversidad del maíz. La domesticación se hizo en diversas regiones de Mesoamérica, y son muchos los países que tienen razas y

Distribución de razas catalogadas por país en el continente americano

País	Número de razas catalogadas
Argentina	47
Bolivia	77
Brasil	44
Colombia	23
Cuba	11
Chile	29
Ecuador	31
Guatemala	33
El Salvador, Costa Rica, Honduras, Nicaragua, Panamá	11
México	59 cotejadas; 6 imprecisas
Paraguay	10
Perú	66
Uruguay	8
Estados Unidos	16
Venezuela	19

Fuente: Serratos, 2009.

variedades de maíz criollo. De hecho, si preguntamos en Perú, nos dirán que ahí es el centro de origen del maíz, porque de hecho tienen más razas catalogadas que en México, y así sucede en muchos otros países.

En los experimentos de 1993 a 1996 que nos mostró el doctor Serratos, veíamos que los ensayos se realizaron en Morelos, Jalisco, Michoacán y Guanajuato. Ahora mismo ya no se hizo ninguna siembra ahí. De hecho no se hizo ninguna solicitud de permiso en esas regiones, porque como industria biotecnológica fuimos muy cuidadosos con lo que marca la Ley: solamente podemos sembrar en lugares en los que tengamos la certeza que no hay presencia de maíces criollos ni de sus parientes silvestres. Todas las siembras se realizaron en estados del norte del país, donde se siembran variedades híbridas comerciales desde hace más de 30 años, y las autoridades nos pidieron

* Presidente ejecutivo y director general de AgroBIO México, A.C.

que verificáramos y certificáramos que no existe siembra de ningún tipo de maíz nativo en esas zonas.

En segundo lugar, todos los eventos genéticamente modificados que están probándose en las siembras experimentales que hoy se realizan han sido evaluados y aprobados para su consumo humano, animal y su procesamiento como alimento, por las autoridades sanitarias, siguiendo el procedimiento de aprobación que ya la comisionada Rocío Alatorre apuntó.

Todos los maíces transgénicos que hoy estamos evaluando en Sonora, Sinaloa y Tamaulipas han sido aprobados para el consumo humano.

87 alimentos genéticamente modificados evaluados para consumo humano y animal por la Comisión Federal para la Protección contra Riesgos Sanitarios

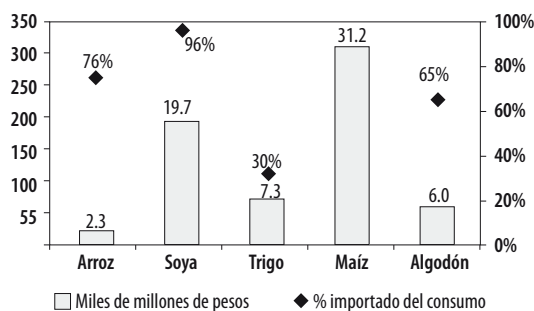
Cultivo	Cantidad de autorizaciones
Maíz	43
Algodón	24
Soya	6
Canola	4
Jitomate	3
Papa	3
Alfalfa	2
Remolacha	1
Arroz	1

Fuente: Cofepris, 2010.

¿Por qué estamos al día en las aprobaciones sanitarias de alimentos genéticamente modificados? Porque México importa cantidades inmensas de maíz transgénico de los Estados Unidos, las cuales, al día de hoy, suman cerca de 10 millones de toneladas. En conclusión, México importa, procesa y consume millones de toneladas de maíz transgénico (30 por ciento del total del consumo nacional) que compramos a los agricultores estadounidenses, pero le prohibimos a los productores mexicanos que lo siembren. Ésa es la mayor contradicción de México frente a los transgénicos.

Otro tema que quiero subrayar: el Régimen de Protección Especial del Maíz estableció que no se pueden

Dependencia del exterior



Fuente: Estimado 2009, INEGI, BMI, Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA). Precios pagados al productor, GCMA. Consumo de maíz grano, USDA. Consumo fructosa, ANEA.

utilizar transgénicos o eventos biotecnológicos que limiten su consumo humano y animal. Esta era una petición que tenían muchas de las organizaciones de activistas que hablaban del peligro de que maíces con biofármacos, que desarrollan algunas empresas farmacéuticas, pudieran entrar a la cadena de maíz-tortilla, o que hubiera un flujo de genes de maíces desarrollados para bioplásticos. Esta preocupación alarmista se zanjó de manera determinante: está prohibido sembrar maíz genéticamente modificado que no se pueda consumir como alimento.

Asimismo, me parece fundamental mencionar otro aspecto que contempla el Régimen de Protección Especial del Maíz y que consiste en promover la conservación *in situ* de razas y variedades de maíz criollo y sus parientes silvestres. Es obligación de la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (Sagarpa) y la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (Semarnat) establecer, mediante recursos y subsidios, programas permanentes para proteger esta variabilidad de maíz; es decir, después de tanto hablar de la conservación sin hacer nada, ahora se obliga al Estado a que invierta recursos en la conservación.

Ya la Secretaría de Medio Ambiente hizo en 2009 un primer esfuerzo, dentro de la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas, con productores campesinos de razas y variedades prioritarias, otorgándoles recursos para su protección y fomento, como

un primer paso para su conservación. Por su parte, la Secretaría de Agricultura anunció la construcción del Banco Nacional de Recursos Genéticos.

Hay que decirlo con toda claridad, ¿qué hemos ganado con 15 años del mismo debate sobre el maíz transgénico? Que por fin se está poniendo atención en la conservación de nuestra diversidad de maíz con acciones concretas, cosa que antes no sucedía.

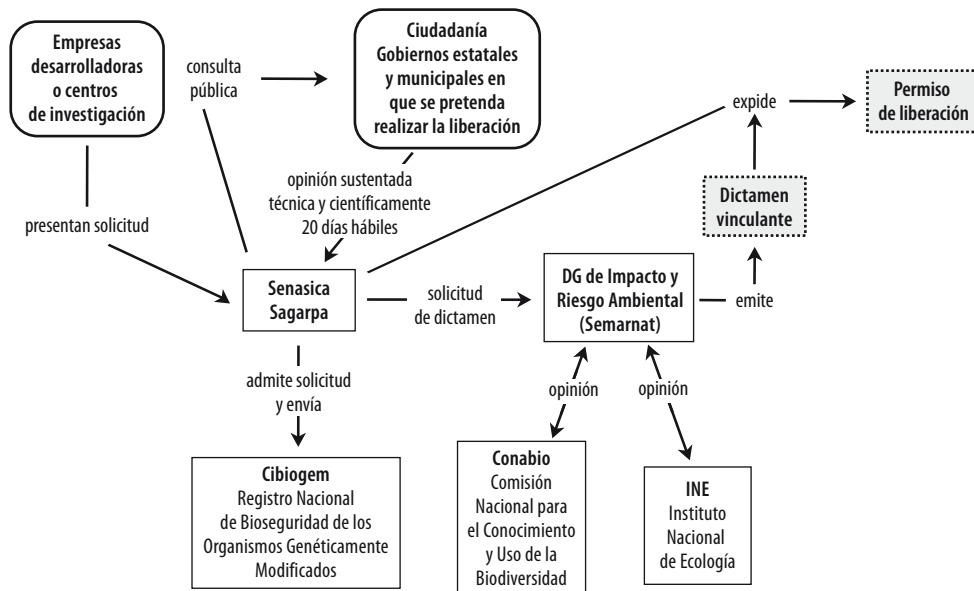
El procedimiento para otorgar permisos es muy complicado, es decir, participan muchas instancias de la Sagarpa y la Semarnat para la expedición de los permisos de liberación (véase diagrama abajo).

¿Alguien cree que un día el secretario de Agricultura dijo, de buenas a primeras, vamos a otorgar permisos

experimentales? No fue así. Se trató de un procedimiento muy complejo y laborioso, en el que participaron numerosas instancias de gobierno. Se publicaron las solicitudes presentadas durante 20 días para realizar una consulta pública a la ciudadanía en la que todo el mundo pudo expresar su opinión: gobiernos estatales, municipales, ciudadanos y científicos. Ellos enviaron sus comentarios a favor o en contra, sólo que tenían que estar técnica y científicamente sustentados para ser tomados en cuenta.

Además se elaboró un dictamen vinculante con las opiniones de la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (Conabio) y del Instituto Nacional de Ecología (INE). Sólo si ese dictamen vinculante es positivo, la Sagarpa puede otorgar un permiso de siembra.

Procedimiento de evaluación de solicitud de permisos de liberación de OGM al ambiente



Resolución de solicitudes: conceden o niegan el permiso	
Liberación experimental	6 meses
Liberación piloto	3 meses
Liberación comercial	4 meses

La Ley establece tres fases para todo cultivo genéticamente modificado: experimental, piloto y comercial. Ahora que estamos en la etapa experimental con maíz, ¿qué es lo que hacemos en los ensayos?

En una o dos hectáreas como máximo, se desarrolla el ensayo experimental. Se establecen hileras de maíz transgénico e hileras de maíz convencional para saber qué pasa con la planta de maíz que se siembra comúnmente en la región y qué pasa con el transgénico, cómo se comportan las dos, qué diferencias se presentan, cuál controla mejor las plagas, cuál requiere menos agroquímicos.

Las autoridades regulatorias exigieron la instalación de una barrera física alrededor del ensayo (cerca electrificada), así como seguridad y vigilancia las 24 horas: se estableció interponer 600 metros de aislamiento y la siembra de un cultivo barrera (trigo, algodón, frijol, sorgo, hortalizas). Adicionalmente, se tuvo que sembrar con 30 días de diferencia con respecto a los demás agricultores de maíz de la región, para evitar que coincida la floración; en otros países se hace con 10 o 15 días de diferencia. Pero además, en esa zona se debe certificar que no se siembren maíces criollos en 10 kilómetros a la redonda, sino que tienen

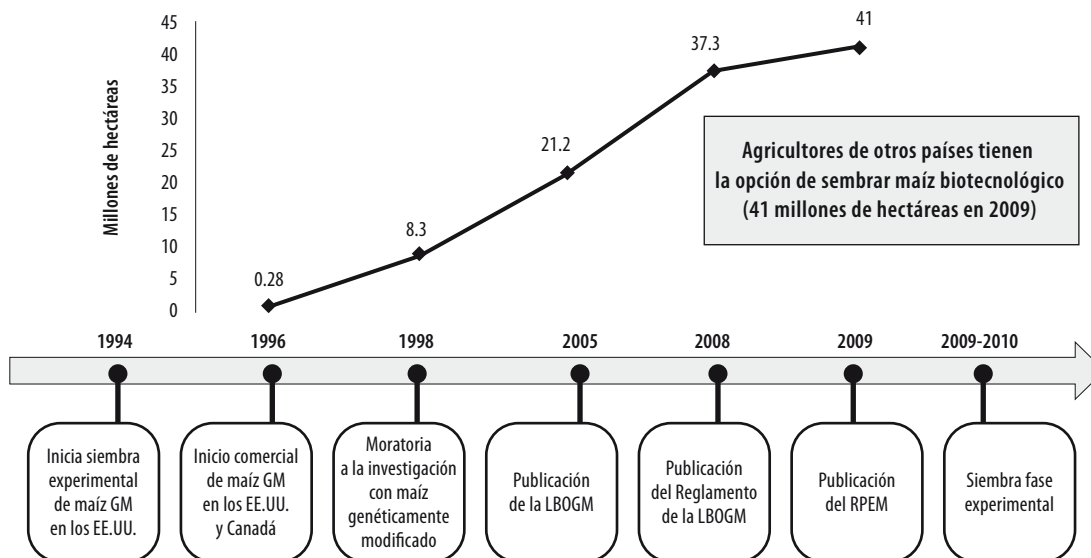
que ser híbridos, es decir, materiales mejorados genéticamente por métodos convencionales.

En caso de que haya dispersión accidental de semilla, se debe notificar a la autoridad y monitorear ese predio durante un año. Todo el material vegetal protegido de los experimentos se destruye en el lugar del ensayo, pero también se limpia la maquinaria y se monitorea la existencia de plantas voluntarias durante seis meses.

No hay ningún país en el mundo que tenga esas medidas de bioseguridad. En los Estados Unidos son 30 los metros que se tienen de aislamiento; en el caso de Brasil son 100, en España son 200. En México, las autoridades establecieron 600 metros de aislamiento físico y 30 días de diferencia en la siembra, para evitar con toda contundencia cualquier flujo de polen.

Cabe destacar que estos experimentos los estamos haciendo después de 11 años de moratoria a la investigación científica con maíz genéticamente modificado. Después de que se publicó la Ley, el Reglamento y el Régimen de Protección, finalmente se han otorgado a la fecha 24 permisos de siembra para los estados de Sonora, Sinaloa, Tamaulipas y Chihuahua.

Cronograma de la construcción del marco regulatorio en México



Mapa de la siembra experimental de maíz genéticamente modificado



* Pendiente.

¿Qué tecnologías se evaluaron? Fueron tecnologías que modifican una sola característica (llamadas *eventos simples*) de tolerancia a herbicidas para un eficaz control de maleza o de resistencia a insectos plaga que merman las cosechas de maíz. También se utilizaron tecnologías que modifican más de una característica (llamados *eventos combinados*) como distintos tipos de resistencia a insectos, desde la raíz hasta la mazorca, es decir, una combinación de genes del bioinsecticida *Bacillus thuringiensis* (Bt).

Hubo quienes calificaron de obsoletas las tecnologías que se probaron en México. Sólo para poner un ejemplo, el evento que combina tres características para resistir el ataque de insectos, está disponible comercialmente desde hace tres años en los Estados Unidos. ¿Con qué base los activistas ya evaluaron, sin los resultados de las pruebas experimentales, que la tecnología es vieja y no funciona?

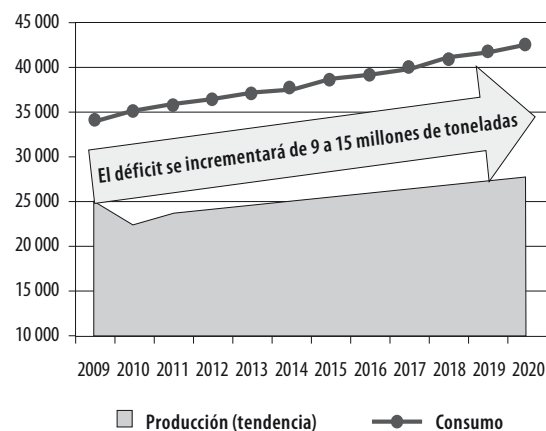
En el norte de Tamaulipas está la zona fronteriza con el valle de Texas, allí se siembra maíz transgénico desde hace 14 años. Cuando hay presión de plagas, sobre todo durante la primavera-verano –aunque hoy ya no siembran nada en Tamaulipas por la presión de plagas–, uno puede ver en el río Bravo el ataque de plagas al vecino estadounidense, pero sus maíces están enteritos y del lado mexicano no: aquí se tienen que aplicar insecticidas en grandes cantidades para el control de las plagas. De acuerdo con los estudios del Instituto Nacional de Investigaciones

Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), no hay presencia en los últimos 20 años de maíces criollos, ¿por qué no se permite utilizar comercialmente esta tecnología para competir con el vecino gringo? Porque inventan que algo le puede pasar a los maíces de Oaxaca, que están a miles de kilómetros. A mí me parece inexplicable que no permitan a los productores aprovechar esta tecnología, y a los productores de Tamaulipas también.

¿Qué otras medidas de bioseguridad establecemos? Demarcación del lugar de ensayo con coordenadas de posicionamiento global (GPS); control del movimiento del material vegetal, hay que avisar a las autoridades desde que entra el camión por la frontera con las bolsas de semillas, que van en triple bolsa, o sea, una bolsita sellada dentro de otras dos bolsas; informe de liberación accidental, si hubiera un choque del camión o del tráiler que transporta la semilla; un programa de monitoreo si se cayera alguna bolsa de semillas.

Yo quería entrar al tema de la alimentación mundial y lo preocupante que resulta que México dependa de las importaciones de alimentos, pero no me voy a detener en esto porque ya se ha abordado mucho. Quería detenerme en el asunto de qué está pasando con el maíz en México y las importaciones.

Relación producción-consumo



Fuente: Estimado 2009, INEGI, BMI, Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA). Precios pagados al productor, GCMA. Consumo de maíz grano, USDA. Consumo fructosa, ANEA.

Población que vive en áreas con estrés hídrico^{1,2} (en millones)

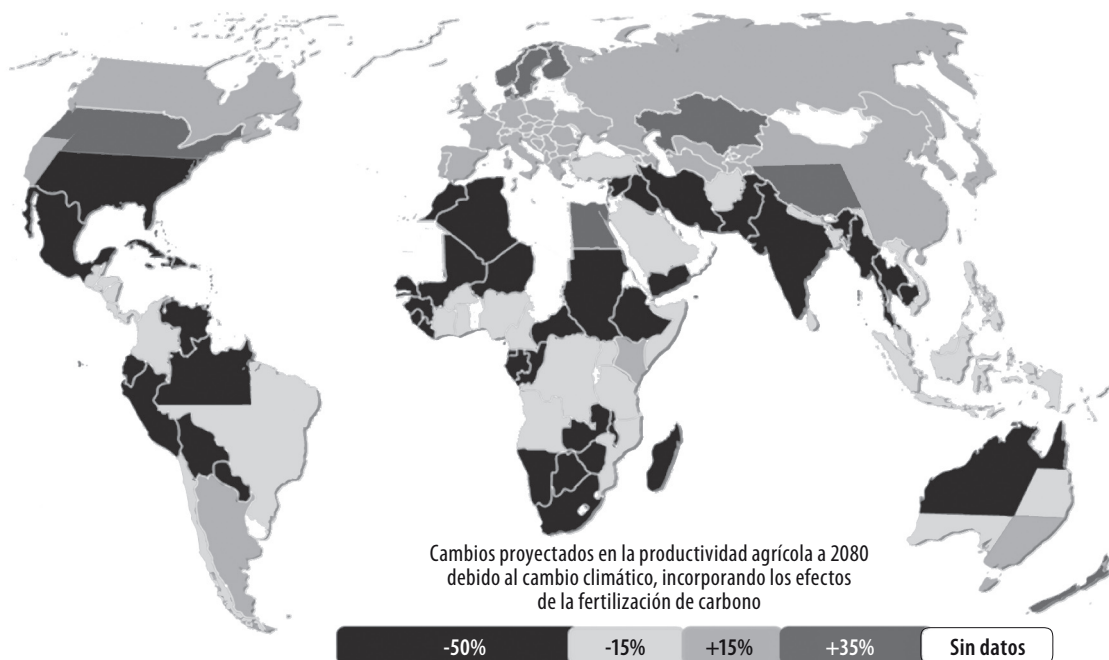
Nivel de estrés hídrico	2005	% de población mundial	2030	% de población mundial	Cambio total de población (2005-2030)
Severo	2 837	44	3 901	47	38
Mediano	794	12	1 368	17	72
Bajo	835	13	866	11	4
Ninguno	2 028	31	2 101	26	4
Total	6 494	100	8 236	100	27

Fuente: OCDE, 2008.

¹ Los estimados de 2030 están basados en la extrapolación de tendencias históricas y actuales hacia el futuro y asume que no habrá nuevas políticas.

² Las columnas pueden no sumar 100% debido al redondeo.

Países más afectados por el cambio climático



William R. Cline, *Global Warming and Agriculture: Impact Estimates by Country*, Washington, Peterson Inst., 2007.

En 2020, si no hacemos nada con respecto a la demanda de maíz y al problema de la sequía, incorporando las mejores tecnologías disponibles, México va a importar 50 por ciento del maíz que consume. Eso me parece gravísimo y nos pone en una situación muy endeble.

Durante los últimos 15 años, los Estados Unidos, Brasil, Argentina, India, Canadá, China, Paraguay, Sudáfrica, España, Colombia y Uruguay le han apostado a la biotecnología en el cultivo de más de un millón de hectáreas. Estos países concentran más de 50 por ciento de la población mundial, ¿por qué será que le

Adopción de los cultivos biotecnológicos en el mundo

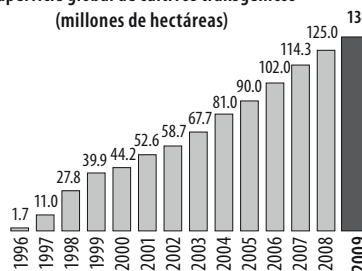
Clasificación mundial en superficie agrobiotecnológica

1	Estados Unidos	15	México
2	Brasil	16	Chile
3	Argentina	17	Colombia
4	India	18	Honduras
5	Canadá	19	República Checa
6	China	20	Portugal
7	Paraguay	21	Rumania
8	Sudáfrica	22	Polonia
9	Uruguay	23	Costa Rica
10	Bolivia	24	Egipto
11	Filipinas	25	Eslovaquia
12	Australia		
13	Burkina Faso		
14	España		

- Países que cultivaron más de un millón de hectáreas
- Países que cultivaron una superficie mayor a 100 mil hectáreas
- Países que cultivaron una superficie menor a 100 mil hectáreas

14 millones de agricultores los utilizaron durante 2009
 25 países han autorizado su cultivo
 134 millones de hectáreas se sembraron con cultivos transgénicos en 2009
 57 países los han evaluado y han autorizado su consumo humano o animal

Superficie global de cultivos transgénicos (millones de hectáreas)



Principales cultivos biotecnológicos

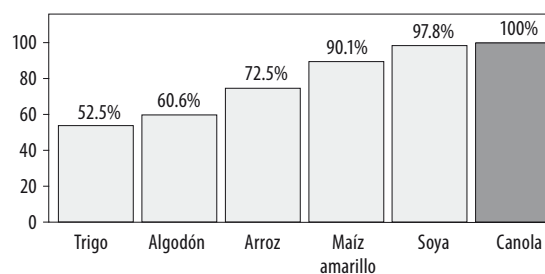
Soya	69.3 millones de hectáreas
Maíz	41.0 millones de hectáreas
Algodón	16.1 millones de hectáreas
Canola	6.5 millones de hectáreas

Fuente: Clive James, Servicio Internacional para la Adquisición de Aplicaciones Agro-biotecnológicas (ISAAA, por sus siglas en inglés), 2009.

apuestan a la biotecnología? Porque entienden que un reto fundamental será alimentar a su población. En la gráfica de arriba se muestra cómo se ha ido incrementado la adopción de los cultivos transgénicos. Si los agricultores no vieran ningún beneficio en éstos, no lo harían, pues son la gente más experta en ver que cada peso les rinda, porque producir alimentos no es ningún juego, es decir, ponen en riesgo su ingreso familiar todo el tiempo, en cada ciclo agrícola.

¿Qué pasa con las importaciones de los productos básicos agrícolas en México? ¿Qué ha pasado en 11 años de moratoria a los transgénicos? Estamos importando 52.5 por ciento del trigo que necesitamos; 72.5 por ciento del arroz; 90.1 por ciento del maíz amarillo, que corresponde a una tercera parte del maíz que consumimos; también importamos 97.8 por ciento de la soya y 100 por ciento de la canola.

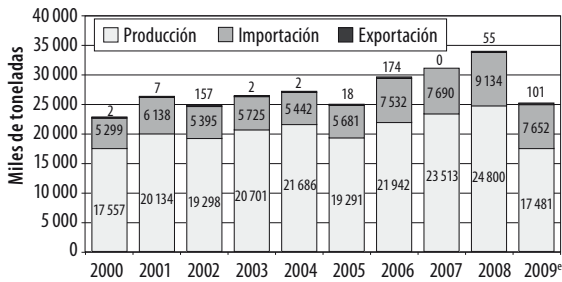
Situación actual de México Productos del campo en los que México depende altamente del extranjero (volumen consumido / importación)



Fuente: Sagarpa.

Es decir, cada vez estamos en mayor riesgo de una crisis alimentaria global. De ocurrir, deberemos preocuparnos de dónde vamos a sacar el alimento.

Consumo nacional aparente de maíz



Fuente: Sistema Nacional de Información e Integración de Mercados, con información de la Dirección General de Aduanas, Sagarpa, INEGI y Conapo 2009: Información estimada con cifras de agosto de 2009.

De 5 millones de toneladas que importábamos en 2000, hemos llegado, en 10 años, a cerca de diez millones.

Yo sí creo que vale la pena evaluar la tecnología, darle a México la oportunidad de ver qué dicen los ensayos de campo y con base en eso tomar decisiones. Si los datos no son concluyentes y no son contundentes, las autoridades se encargarán de pedir más experimentación; no tenemos autoridades fáciles, son muy escrupulosas y piden y vuelven a pedir información.

Ellos son quienes lo van a evaluar; si hay casos en los cuales es evidente el beneficio al medio ambiente, a la productividad, en ahorro de costos para el agricultor, en menor uso de agroquímicos, pues se avanzará a la etapa comercial.

Todo esto se va a hacer bajo el principio de caso por caso y paso por paso que establece la Ley. En la industria estamos seguros de que pueden coexistir productores que siembran semillas híbridas desde hace 30 años, con la milpa y la cultura tradicional agrícola que tenemos en México. Cuando entraron los híbridos se dijo exactamente lo mismo: que iba a desaparecer la agricultura tradicional; sin embargo, con todo y que el gobierno en su momento promovió en el programa Kilo por kilo el ingreso de semilla híbrida, ni con eso, ni con una promoción pública, desapareció la agricultura tradicional.

La agricultura tradicional está atada a que el campesino pueda sobrevivir económicamente y vivir dignamente de su parcela; y hoy, la migración por efecto de la pobreza es el principal reto para la conservación de nuestros recursos genéticos de maíz. Si no logramos que los campesinos tengan un ingreso digno y puedan vivir de su actividad, los maíces criollos van a seguir en riesgo, y en eso no tienen nada que ver las semillas transgénicas.

Por un uso responsable de los organismos genéticamente modificados

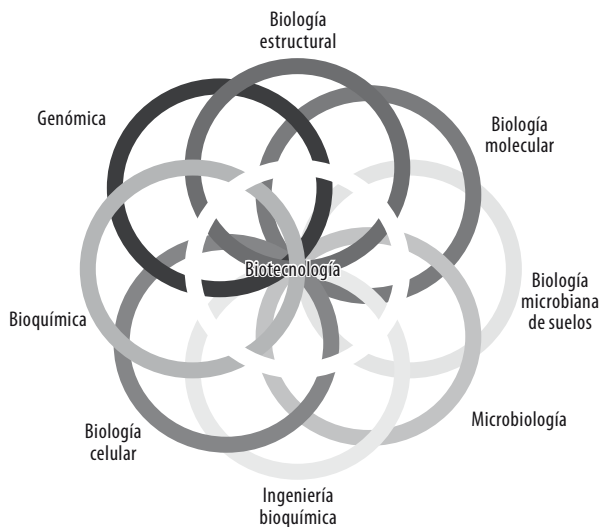
Dr. Francisco Bolívar Zapata*

Voy a comentar un documento elaborado por el Comité de Biotecnología de la Academia Mexicana de Ciencias, un grupo de aproximadamente veinte personas de diferentes instituciones; algunas de ellas han recibido el Premio Nacional de Ciencias.

Ya no voy a entrar en los detalles de lo que es la biotecnología, que es la actividad que nos permite desarrollar los nuevos organismos genéticamente modificados.

Lo que es muy importante, que ya se ha dicho de cualquier manera, es que los sistemas biológicos, microbios, plantas y animales los usamos para contender con diferentes problemáticas y tienen impacto en diferentes sectores.

Biotecnología y las justificaciones de la construcción y el uso de los organismos genéticamente modificados



Las técnicas de ácido desoxirribonucleico (ADN) recombinante permitieron el desarrollo de la biotecnología moderna, ya que la biotecnología es muy antigua. Tenemos el desarrollo de la biotecnología clásica con las fermentaciones de vino, de pan, etcétera. Pero gracias a estas técnicas podemos construir los genes o los transgénicos a partir de cortar fragmentos de material genético e introducirlos en otro organismo.

Técnicas de recombinación *in vitro*



Y así, los transgénicos se construyen para resolver diferentes problemas, porque tienen un menor impacto en el medio ambiente, en la biodiversidad, en la salud humana y animal.

Desde hace 25 años se han construido estos transgénicos para producir proteínas humanas, y hoy tenemos en las farmacias, incluyendo las de México, medicamentos de origen transgénico. Sin estos microorganismos transgénicos no podríamos producir ni en México ni en el mundo una gran cantidad de las proteínas que se usan para enfrentar diferentes problemas.

Estas proteínas han contribuido de manera muy significativa desde hace más de 30 años a la salud humana; también han tenido un impacto muy importante en la elaboración de alimentos para enzimas, como la quimosina para quesos, melazas, jarabe, pectinasas, jugos, etcétera. Las proteínas de origen recombinante se usan en la producción de alimentos.

Las plantas transgénicas se cultivan desde hace muchos años en muchos países y hasta donde sabemos, porque esto no lo decimos nada más nosotros, la Organización Mundial de la Salud y otras instancias

* Coordinador del Comité de Biotecnología de la Academia Mexicana de Ciencias.

también lo han dicho, no han tenido efectos negativos en la salud humana, ni tampoco en la animal o en la biodiversidad. Por el contrario, han ayudado a reducir de manera muy importante el uso de pesticidas y químicos, algunos de los cuales tienen efectos carcinogénicos.

Ya se ha señalado que son muchísimos los problemas y que si no tenemos estrategias adicionales vamos a acabar destruyendo el planeta para poder generar los alimentos para la población que se incrementa. Indudablemente toda tecnología tiene riesgos, y nosotros sabemos que existe evidencia científica en la que se sustenta la inocuidad de los transgénicos comercializados hasta la fecha, lo cual no quiere decir que otros no pudieran tener riesgos y provocar problemas.

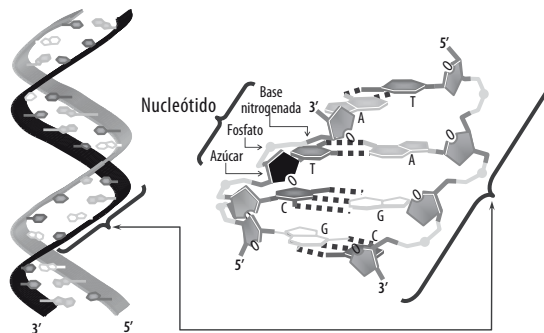
Es importante destacar que la liberación al medio ambiente de los transgenes puede generar problemas muy serios al incorporarse estos genes en otros organismos.

En cuanto a las evidencias que sustentan la inocuidad y el bajo riesgo de usar organismos genéticamente modificados en el medio ambiente, la primera evidencia es que todos provenimos de un organismo común y compartimos material genético con todos los organismos, nosotros y las plantas. ¿Por qué? Porque nuestro material genético tiene la misma estructura general de todos los seres vivos y esto hace posible transferir material genético entre diferentes organismos.

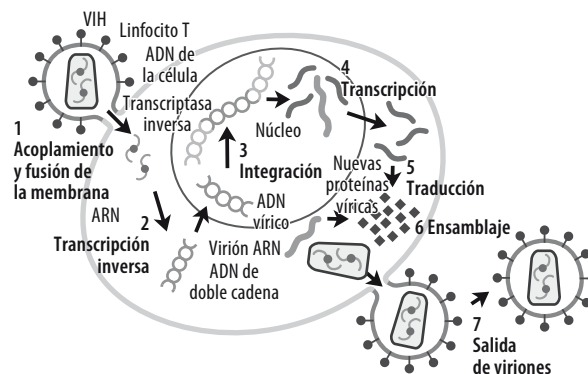
El material genético se puede adquirir de diferentes maneras: por infección viral, por transferencia horizontal o de manera vertical a través de las fecundaciones. Pero lo importante, desde mi punto de vista, es que la transferencia horizontal del material genético es un fenómeno que ocurre diariamente en todas las especies, y los virus son los principales responsables de este fenómeno. Este tipo de transferencia permite que el ADN de una especie pueda ser transferido a otra. Cada día se acumula más evidencia que indica que este tipo de fenómeno ha jugado un papel importante, conjuntamente con otros mecanismos, en la evolución de las especies y en la estructuración y reorganización de los genomas.

Transferencia horizontal de material genético

El ADN: la estructura de doble hélice complementaria



Transferencia horizontal con ayuda de virus

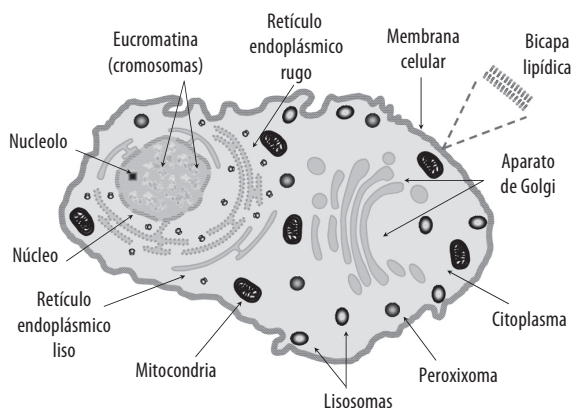


Los genomas son plásticos, nuestro genoma es plástico, se reordena. Hay evidencia de que el genoma de organismos superiores ha evolucionado incrementando parte de su material genético por medio de infecciones virales y, probablemente, por incorporar material genético de otros organismos. Por ejemplo, la mitocondria es un organelo en nuestras células que tiene material genético como el de una bacteria circular y sin intrones y, probablemente, fueron bacterias que originalmente se asociaron a algún precursor de la célula que hoy forman los animales y también las plantas.

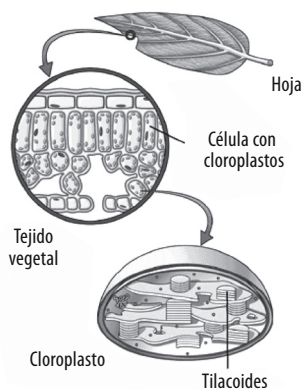
También se sabe que las plantas contienen un gran número de genes provenientes de bacterias fotosintéticas

que dieron origen a los cloroplastos durante la evolución. Y lo anterior también quedó verificado de manera contundente con la secuenciación de todos estos genomas, incluyendo el del maíz.

El genoma de organismos superiores ha evolucionado incrementando parte de su material genético a través de infecciones virales



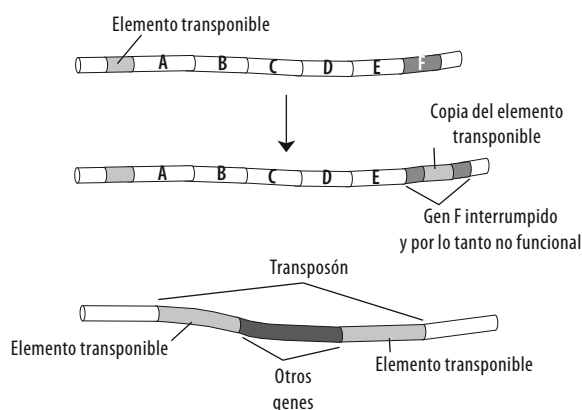
Los cromosomas vegetales contienen un gran número de genes provenientes de las bacterias fotosintéticas que dieron origen a los cloroplastos



En nuestro genoma, y en el de todos los organismos vivos, hay también material genético repetido, probablemente de origen bacteriano viral, llamado transposones, que representa al menos 30 por ciento del

genoma humano y cerca de 70 por ciento del genoma del maíz. Estos transposones son secuencias de ADN que pueden traslocar, pueden mover su posición en el genoma, es decir, brincar de un lugar a otro, incluso entre cromosomas, por lo que han jugado y siguen jugando un papel importante en la reorganización y evolución del genoma.

Transposones



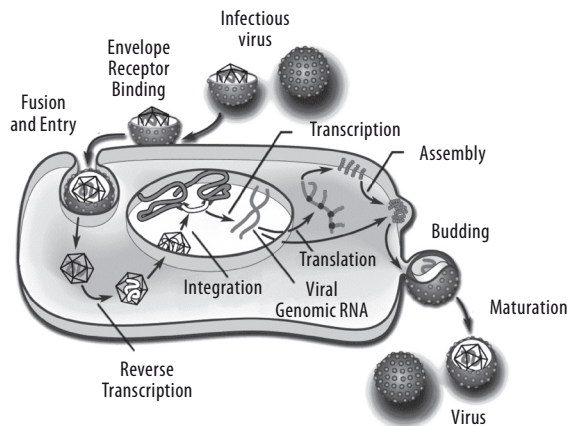
En el maíz, por ejemplo, los granos de colores diferentes de una sola mazorca son resultado de este tipo de rearrreglo genético que ocurre en un mismo individuo. No es algo antinatural. Es algo natural que ocurre todos los días.

Otro tipo de material genético repetido en nuestro genoma, y en el de los demás organismos, es el que se llama retroviral. El retrovirus es un tipo de virus que tiene como material genético ácido ribonucleico (ARN) en lugar de ADN, y este tipo de material, probablemente repetido en nuestro genoma y en el de otros organismos, se estabilizó en nuestro cromosoma después de integrar el material genético como ARN en lugar de ADN. Éste es otro tipo de transferencia horizontal que ocurre en todos los organismos vivos, independientemente de su origen. El fenómeno de retrotransposición es algo que ocurre también todos los días.

Cuando se construye un transgénico, se incorpora por medio de la transferencia horizontal el material genético específico, el transgene, en algún cromosoma

de la célula receptora. Simplemente se reorganiza el genoma en ese sitio, y afectará una función del cromosoma que resulta vital para ese organismo transgénico, y éste muere.

Otro tipo de material repetido en nuestro genoma es el retroviral



Sin embargo, lo mismo puede suceder por la infección de un retrovirus: un retrovirus, igual que un transposón, puede moverse de lugar y por ello generar una situación que implica la muerte del organismo en donde ocurre este fenómeno, en el caso de que suceda en alguno de estos organismos en un sitio específico letal.

Esto no es un fenómeno que pudiera ocurrir sólo por el uso de los genes aislados o incorporados por ingeniería genética o sólo por transgenes; podría ser causado también por una infección viral o por trasposiciones de ADN como las que ocurren en el maíz y este fenómeno podría causar, insistimos, la muerte del individuo receptor, pero no una catástrofe ecológica.

La incorporación y reorganización de material genético en un genoma es un proceso natural que ocurre diariamente en la naturaleza, independientemente de los transgénicos.

Todas estas evidencias a favor de la plasticidad y capacidad de reorganización del genoma humano y de las plantas tiene la transferencia horizontal de

ADN como un fenómeno natural que se da todos los días. Por ello resulta difícil entender, desde nuestro punto de vista, la preocupación de que un gen bacteriano que existe en la naturaleza, que codifica, en este caso, para la proteína *Bt* que es tóxica a ciertos insectos, que haya sido incorporado por técnicas de ingeniería genética a una planta, tenga la posibilidad de generar una catástrofe ecológica.

Lo anterior se sustenta, insistimos, en el hecho de que todos los seres vivos han evolucionado y lo seguirán haciendo por medio de la adquisición de material genético por transferencia horizontal, mutando, reordenando sus genes y cromosomas sin provocar catástrofes ecológicas.

Los escenarios que preocupan por la presencia de un transgene en un organismo podrían darse cotidianamente por la transferencia horizontal y la reorganización del genoma al infectarse las plantas y animales por virus o bacterias.

Desde el punto de vista de quienes hemos elaborado este trabajo, la evidencia que hay de la transferencia horizontal hace pensar que esto es un fenómeno que se está dando todos los días, independientemente de los transgénicos, que ha participado en el fenómeno de la evolución de las especies y que gracias a ello hay también una gran biodiversidad.

Pero debemos cuidar los transgenes que liberemos, porque la Ley establece que hay transgenes que no se pueden liberar al medio ambiente. La Ley prohíbe la generación de armas biológicas con la tecnología: es inmoral y es ilegal, por suerte las dos cosas.

Para mí, la posibilidad de incorporar un gen determinante de la replicación que se puede transferir de una especie a otra especie, también debería ser ilegal, porque en alguna medida tiene un elemento de arma biológica.

Hay que discutir caso por caso. Hay que ir avanzando en el análisis del material genético y la caracterización y la definición del material genético que queremos incorporar en los transgénicos de segunda y de tercera generación, para la construcción y posible liberación de organismos más seguros.

Desde mi punto de vista, la Ley es un marco que nos permite seguir avanzando para hacer un análisis, como ocurre en todo el mundo, caso por caso y paso por paso, de los organismos genéticamente modificados.

La Unión Europea acaba de cancelar la moratoria de 11 años que había impuesto al maíz. Se ha aprobado ya la siembra de varios maíces y también de papas transgénicas.

[Panel 3]

MONITOREO DE ORGANISMOS GENÉTICAMENTE MODIFICADOS

Las redes mexicanas de laboratorios de detección y de monitoreo de organismos genéticamente modificados

Dra. Adriana Otero Arnaiz

Monitoreo de la utilidad fitosanitaria del algodón genéticamente modificado

Dr. José Concepción Rodríguez Maciel

Herramientas para el monitoreo de organismos genéticamente modificados en cultivos

Dr. Quintín Rascón Cruz

Análisis crítico de la capacidad actual del país para realizar el biomonitoreo de organismos genéticamente modificados

Biól. Alma Piñeyro Nelson

Presencia de secuencias y proteínas provenientes de organismos transgénicos en alimentos de maíz, y entrada masiva de transgenes por las fronteras de México

Dra. María Amanda Gálvez Mariscal

Certificación de semillas transgénicas

Ing. Enriqueta Molina Macías

MAYO 12 DE 2010





Intervención de la Dra. Adriana Otero Arnaiz; Dip. Dora Evelyn Triguerras Durón, Dr. Concepción Rodríguez Maciel, Dr. Quintín Rascón Cruz, Dra. Amanda Gálvez Mariscal, M.C. Alma Piñeyro, Ing. Enriqueta Molina Macías.

Las redes mexicanas de laboratorios de detección y de monitoreo de organismos genéticamente modificados

*Dra. Adriana Otero Arnaiz**

Empezaremos primero definiendo qué es monitoreo. El monitoreo son todas las actividades que se refieren a establecer la presencia de organismos genéticamente modificados (OGM) –en su caso, porque no en todos los casos se requiere establecer presencia: por ejemplo, en las liberaciones establecidas ya sabemos que hay organismos genéticamente modificados, ahí se establece qué tipo de OGM es y cuánto hay, pero en todos los casos se refiere a las actividades que nos ayudan a establecer los efectos que pueden tener, tanto positivos como adversos–, la liberación de estos organismos a la diversidad biológica, al medio ambiente, a la sanidad vegetal o acuícola considerando aspectos socioeconómicos y los posibles efectos a la salud humana.

¿Por qué hacemos monitoreo en México? Porque lo mandata la ley. En el Protocolo de Cartagena, del cual México es signatario, se menciona que cuando hay incertidumbre, cuando no se sabe cuáles son los efectos que pueda haber en el ambiente, lo que se tiene que hacer es justamente liberar al ambiente, dar seguimiento y monitorear al organismo en el ambiente receptor.

Por otro lado, la Ley de Bioseguridad de Organismos Genéticamente Modificados menciona más de 20 veces en sus diversas secciones la palabra *monitoreo*; ahí se establecen todas las actividades de monitoreo que tienen que hacer las secretarías de Medio Ambiente, de Agricultura, y de Salud. Del mismo modo, se menciona en el Reglamento de la Ley de Bioseguridad. Por lo tanto, tenemos que hacer monitoreo para proteger el ambiente, la sanidad vegetal, animal y acuícola y la salud humana, como lo mandata la Ley.

En las liberaciones de OGM lo que se hace es control y mitigación de las medidas de contingencia en co-

ordinación con las autoridades competentes. En este caso no se habla de monitoreo, sino de inspección y vigilancia de las medidas de contención, éste no es un monitoreo.

En las liberaciones permitidas sí se hace un monitoreo, y aquí la Ley establece que se debe llevar a cabo tanto el monitoreo como el análisis de riesgo. En este caso, el monitoreo viene a retroalimentar el análisis de riesgo que se hace previo a la liberación al ambiente.

En la Secretaría de Medio Ambiente, el Reglamento Interior mandata al Instituto Nacional de Ecología (INE) para llevar a cabo el análisis de riesgo por la liberación al medio ambiente de OGM y su monitoreo. En estos monitoreos vemos efectos a organismo no blanco, así como la efectividad de las medidas de bioseguridad, como por ejemplo, los programas de manejo de voluntarias tanto en carreteras como en canales de riego.

También se hace monitoreo cuando se trata de liberaciones ilícitas. Por un lado, se atienden las denuncias por parte de las autoridades competentes y, por el otro, se ve qué efectos pudieran tener estas liberaciones que no tuvieron un análisis de riesgo previo, efectos sobre la biodiversidad tanto en organismos blanco como organismos no blanco y en la biodiversidad vegetal.

En cuanto al monitoreo preventivo de la presencia de maíz genéticamente modificado en México, el Instituto Nacional de Ecología es la institución líder, y me atrevería a decir que también en el nivel internacional, en cuanto a buscar “la aguja en el pajar” que ha sido la presencia no intencional de OGM en el medio ambiente.

En lo que más experiencia tenemos es en el monitoreo de presencia de maíz genéticamente modificado. Se ha generado un programa nacional de monitoreo en el cual ya tenemos una metodología establecida con toda la experiencia que se ha adquirido

* Coordinadora del Programa de Bioseguridad del Instituto Nacional de Ecología-Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (INE-Semarnat).

desde 2001, cuando se dio la primera notificación de presencia de maíz genéticamente modificado en Oaxaca. Lo que se hace es: una vez ubicada la región a monitorear, se escogen al azar 100 mazorcas de la milpa, cada una de una planta distinta; de cada mazorca se seleccionan 10 granos en distintos niveles de la mazorca y estos mil granos (100 x 10) son los que se llevan al laboratorio para determinar si hay presencia o no de material genéticamente modificado en este maíz. En el caso de que haya presencia, se identifica de qué tipo de evento se trata y se cuantifica el porcentaje de esta presencia.

Esto suena muy fácil, pero es muy costoso, se requieren muchos recursos humanos y económicos para llevarlo a cabo. Por ello hemos tratado de utilizar otro tipo de información: cartográfica, socioeconómica, y la aplicación de encuestas para conocer cuáles son los patrones de movimiento de las semillas, conocer las prácticas de manejo y, sobre todo, ayudarnos a dirigir este programa de monitoreo hacia las regiones donde haya una mayor probabilidad de que encontremos maíz genéticamente modificado.

El laboratorio del Instituto Nacional de Ecología fue el primer laboratorio que se creó específicamente para la detección, identificación y cuantificación de OGM y cumple con un control de calidad muy estricto. Esto es importante, porque laboratorios con PCR (Polymase Chain Reaction), con las máquinas que nos permiten amplificar el ácido desoxirribonucleico (ADN) e identificarlo, hay cientos en el país; pero la obtención de resultados certeros sólo se da en laboratorios que cuentan con este control de calidad para evitar cualquier tipo de contaminación.

Este laboratorio del INE, que se creó en 2002, está acreditado ante la Entidad Mexicana de Acreditación (EMA), es miembro de la Alianza Global de Laboratorios de Genetic ID y ha participado en pruebas interlaboratorios para comprobar la confiabilidad de sus resultados, pruebas organizadas por el Departamento de Agricultura de los Estados Unidos y por la Comunidad Económica Europea en 2008. En estas pruebas, en donde participan laboratorios de todo el mundo, nuestro laboratorio ha quedado dentro de los primeros lugares de confiabilidad en sus resultados.

Otro laboratorio es el del Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria (Senasica). Este laboratorio cuenta con personal certificado internacionalmente, también por Genetic ID, y actualmente está trabajando bajo un control de calidad de la Norma Mexicana y está en proceso de acreditación ante la EMA. Se trata de un gran proyecto: el personal está calificado y ha trabajado antes en el laboratorio más pequeño; ahora ya tienen un laboratorio mucho más grande, que cuenta con áreas de detección, secuenciación y salas para capacitación.

Ahora, ¿qué resultados hemos tenido de los monitoreos que se han llevado a cabo? En cuanto a la presencia, en la mayoría de los muestreos que hemos llevado a cabo no se ha encontrado maíz con consecuencias transgénicas; en los casos que sí se ha encontrado, tanto por nosotros como por investigadores que han llevado a cabo monitoreo independiente en Oaxaca, Veracruz y Sinaloa, las frecuencias en las que se ha encontrado la presencia de maíz genéticamente modificado son muy bajas, van de 0.1 hasta 1 por ciento.

Estos resultados no son algo que se pueda generalizar a todo el país ni a todo el tiempo, porque –como sabemos– el maíz es un cultivo muy dinámico. Entonces, es importante tener un monitoreo sistemático y hacerlo en más regiones del país.

¿Qué se ha hecho en los casos en donde hemos encontrado bajas frecuencias? Lo que se ha hecho es tener una campaña de información para la gente involucrada, en la que se les explica qué es la biotecnología, qué son los transgénicos, qué riesgos representan y por qué es importante cumplir con la legislación. Se dan recomendaciones a los comisariados, a los campesinos y a toda la gente involucrada y se hacen campañas de comunicación sobre el manejo que se debe dar.

En Oaxaca, por ejemplo, la recomendación que dimos fue no sembrar maíz destinado al consumo humano o animal. Esto porque, como se sabe, en México tenemos autorizados para el consumo humano y animal 26 eventos de maíz genéticamente modificado, que han sido evaluados por la Secretaría de Salud y son inocuos para el ser humano; sin embargo, para ser sembrados y liberados al ambiente requieren un permiso,

requieren un análisis de riesgo caso por caso. Por ello, no se pueden sembrar granos, es decir, el maíz que está autorizado para consumo.

Se les recomienda seguir sembrando el maíz criollo que han seleccionado por generaciones. Esto ha sido mucho más fácil en el sureste del país, la gente está convencida de que ellos van a seguir guardando sus criollos, seleccionándolos y sembrándolos nuevamente. En Chihuahua, al norte del país, ha sido muy difícil convencer a la gente.

En los estados del norte del país, que conviven con los estados fronterizos de los Estados Unidos, los agricultores cuestionan mucho, dicen: “¿Pero, por qué?, si veo que funciona allá, ¿por qué no quieres que lo siembre aquí?”; para ellos es como una restricción. Les explicamos por qué se tiene que hacer; y les sugerimos que sigan sembrando sus semillas híbridas, las que están sembrando, pero que no siembren granos que son para el consumo humano.

En cuanto a los resultados del monitoreo a liberaciones permitidas, lo que hemos observado es que aun cuando los datos varían muchísimo, según el año de cultivo y la región, en general hay una disminución del uso de pesticidas. Por ejemplo, en la región de La Laguna ha disminuido el uso hasta en 50 por ciento, pero estos datos varían de región a región: va de 36 por ciento hasta 80 por ciento. Insisto, esto depende de la región y época de siembra de la que se hable.

También nos hemos dado cuenta de que los programas de manejo de voluntarias varían según el contexto ecológico: en el norte de Sonora el suelo es muy salino y las voluntarias no van a germinar a menos de que se les den cuidados especiales, mientras que en

la región de La Laguna o Sonora sur sí hay que hacer un programa de manejo de plantas voluntarias.

Desde 2006 nos dimos cuenta de que era importante conjuntar los esfuerzos que se están haciendo en el nivel nacional en cuanto al monitoreo y empezamos a trabajar en el establecimiento de dos redes: una red de monitoreo y una red de laboratorios de detección.

El objetivo de la Red de Monitoreo de Organismos Genéticamente Modificados es agrupar a las instituciones de evaluación de la presencia de OGM y sobre todo atender los efectos, tanto positivos como adversos, que se presenten debido a la liberación de estos organismos a fin de tener acciones concertadas que nos permitan cumplir con los objetivos de la Red y tener un sistema integral de monitoreo en el país.

De esta red forman parte investigadores que están adscritos a instituciones académicas o centros de investigación, además de investigadores, grupos, organizaciones civiles que realizan estudios de campo o que llevan a cabo trabajo con las comunidades o que cuentan con infraestructura para tener un análisis sistemático o metodologías para la detección, ya sea con pruebas serológicas o con pruebas de ADN de tipo preliminar, o que cuentan con la capacidad de integración de datos, ya sean datos genéticos o datos de sistema de información geográfica.

Finalmente, la Red de Monitoreo de Organismos Genéticamente Modificados fue presentada en julio de 2009. Toda la información que hay sobre la Red está disponible en la página de la Comisión Intersecretarial de Bioseguridad de los Organismos Genéticamente Modificados (Cibiogem). (Y sigue abierta la convocatoria para pertenecer a la Red.)

**Reducción en el uso de insecticidas en la superficie sembrada con algodón Bollgard®
Período 1996 - 2006 (litros de producto formulado)**

Región	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	Total
Noroeste		7.5	48.1	6.3	1.0	7.3	2.5	2.2	3.4	17.4	12.1	107.9
Centro Norte		15.6	31.2	36.7	4.1	20.4	2.8		5.6	113.9		230.5
Noreste	4.5	20.8	68.6	12.1	9.7							115.6
Total	4.5	43.9	147.9	55.0	14.9	27.8	5.3	2.2	9.0	131.4	12.1	454.1

* Brookes and Barfoot, 2005; Traxler y Godoy-Ávila, 2004.

En cuanto a la Red Mexicana de Laboratorios de Detección, las instituciones integrantes aparecen en la ilustración de abajo. Los objetivos de esta red son coordinar las actividades, tanto de los laboratorios de gobierno como de laboratorios terceros; compartir información sobre la detección; y contribuir al uso eficiente de los recursos humanos y al fortalecimiento de las capacidades que nos permita coadyuvar al cumplimiento de la ley.

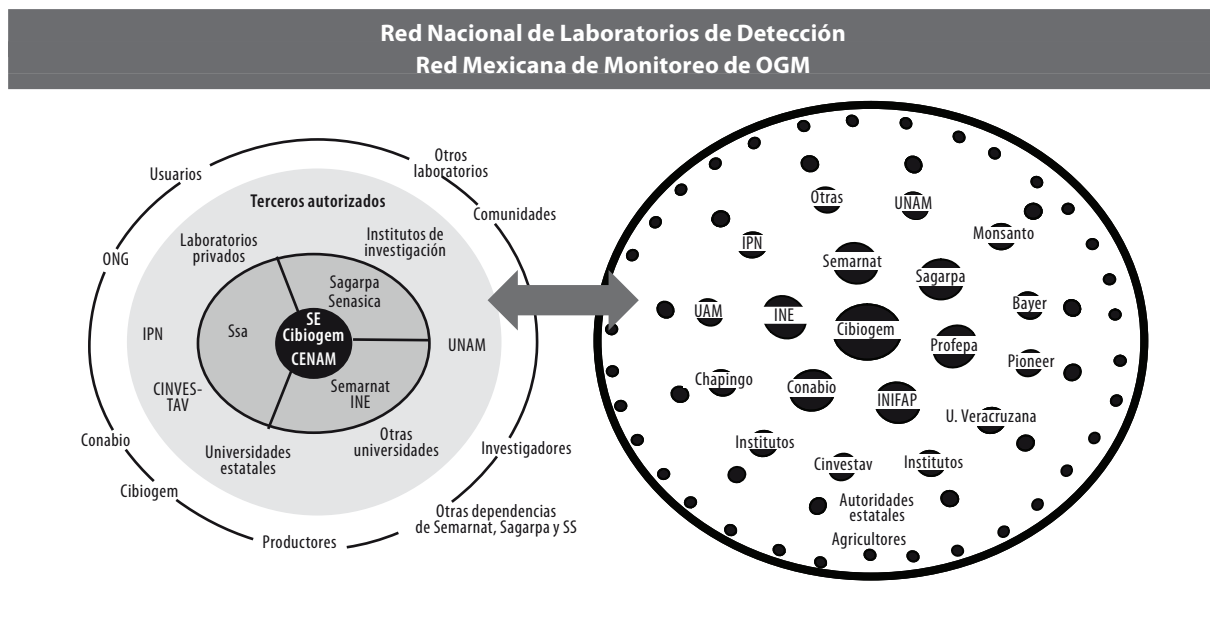
Con esta red se logrará tener un laboratorio nacional que pueda proveer de materiales de referencia a todos los laboratorios que sean miembros y generar protocolos estandarizados. Esto nos va a permitir que haya muchos laboratorios que puedan tener resultados irrefutables sobre la detección y no crear controversias porque un laboratorio dice que sí, pero otro dice que no, y no sabemos si sí o si no. Si en todos los laboratorios de la Red se sigue una metodología estandarizada con sistema de calidad, no hay problemas de contaminación y se pueden obtener resultados certeros.

La Red tiene un avance en cuanto a la armonización de metodologías. Se ha llevado a cabo un estudio comparativo entre los laboratorios centrales para certificar materiales de referencia para maíz genéticamente modificado y para validar metodologías de detección y cuantificación en el nivel nacional, pero conforme a los estándares internacionales.

A lo largo de estos años de trabajo en monitoreo y en la creación de estas redes, hemos aprendido que tenemos un mayor conocimiento sobre la presencia de maíz genéticamente modificado en México. Esto es, cuando se dio el primer reporte de presencia de maíz transgénico en Oaxaca, decíamos: "Si hay en Oaxaca, ¿cómo estará el resto del país?" Y se pensaba que podría haber maíz genéticamente modificado en grandes cantidades.

Ahora, con los monitoreos que hemos hecho, nos hemos dado cuenta de que esto no es así, que en la mayoría de los estados de la República no hay, y que en los casos que hay, las frecuencias son muy bajas y son fáciles de manejar. También, con investigación nacional e internacional, hemos aprendido mucho sobre los efectos de los OGM que pueden llegar a ser benéficos con el ambiente, al menos los organismos genéticamente modificados que se comercializan actualmente.

Sin embargo, es muy importante continuar con la generación de conocimientos sobre los efectos de otros organismos genéticamente modificados, especialmente para los nuevos eventos, como el maíz con resistencia a la sequía u otro tipo de eventos, incluso para biorremediación; hay que ver primero qué efectos potenciales tienen para poder manejarlos adecuadamente.



Es importante contar con laboratorios que tengan procesos de calidad, que den resultados confiables. Como lo mencionaron varios de los panelistas en las conferencias magistrales, es fundamental fortalecer la comunicación sobre riesgos, porque hay un gran desconocimiento del público al respecto, y cuando

algo se desconoce, inmediatamente se le teme. Entonces, es muy importante tener una comunicación sobre riesgos mucho más fuerte en el nivel nacional y hacen falta recursos para seguir generando conocimientos, para formar laboratorios y capacitar a los recursos humanos en las entidades federativas.

Monitoreo de la utilidad fitosanitaria del algodón genéticamente modificado

Dr. José Concepción Rodríguez Maciel*

El problema de las plagas no se va a acabar nunca mientras la agricultura exista. Cuando la agricultura deje de existir, supongo que ya no vamos a preocuparnos tampoco de las plagas. Al igual que los insectos, nosotros somos una población guerrera que hemos secuestrado este planeta, y no vamos a renunciar a este hecho porque el ser humano en sí es una plaga, como cualquier otra.

Cuando se usa un organismo genéticamente modificado para el combate de plagas en la agricultura, lo menos que se puede pedir es que sirva; al igual que un plaguicida, lo menos que se espera es que cumpla el propósito para el cual fue diseñado. A todos nos interesa saber si los organismos genéticamente modificados (OGM) que se utilizan cumplen al menos con su función, si son útiles; si no, para qué hablar de riesgos y de manejo de riesgos de algo que no sirve.

Los organismos genéticamente modificados que se utilizan para el control de plagas imponen una presión de selección enorme sobre organismos que han demostrado una superioridad genética. Por algo los insectos han estado en este planeta por más de 300 millones de años: tienen una variación genética impresionante y son capaces de adaptarse a lo que sea, de eso no hay duda.

Se cuestiona si los organismos genéticamente modificados resolverán el problema del hambre. El hambre no se va a resolver ni con los OGM ni con la agricultura orgánica. El hambre parece ser que es parte inherente del ser humano y nos acompañará mientras existamos. No es una visión pesimista, es la realidad.

En el caso del algodón genéticamente modificado que se utiliza en México, éste impone una presión de selección muy grande a las plagas objeto de control. ¿Cuál es la mejor receta para desarrollar resistencia? Usar el mismo plaguicida siempre. Ésa es

la mejor receta. Los organismos genéticamente modificados cumplen con esta condición porque están seleccionando las plagas desde el inicio de la temporada. Es como si se aplicara un plaguicida en la mañana, en la tarde y en la noche; y así, todos los días.

El riesgo cero no existe. Lo importante es la administración de los riesgos. La vida es una administración de riesgos, no los podemos evitar. La vida es, en sí, un riesgo. Entonces, ¿cómo manejamos el riesgo de que las plagas desarrollen resistencia? ¿Cómo creamos el escenario para que tarden mucho tiempo en desarrollarla?

En el caso del *Bacillus thuringiensis* (*Bt*), por ejemplo, en el gusano elotero, *Helicoverpa zea*, las consecuencias van más allá del algodón. Los adultos son cositas que pueden migrar 3 400 kilómetros. *Helicoverpa zea* es una plaga que se encuentra desde El Salvador hasta cerca de la parte central de los Estados Unidos, y tal vez se pueda encontrar a los mismos individuos en un lugar y después en otro. Tienen una tremenda capacidad de migrar. Entonces, en caso de desarrollar resistencia, estos genes pueden migrar a zonas de agricultura orgánica y ahí les vamos a echar a perder uno de los mejores insecticidas que tienen los campesinos que practican este tipo de agricultura.

Sin embargo, todo tiene su función y todo tiene sus riesgos. La agricultura orgánica también tiene riesgos, pues se trata de una de las prácticas que, desde el punto de vista de la salud humana, es potencialmente muy peligrosa debido a la increíble cantidad de microorganismos que afectan al ser humano y que están involucrados en la elaboración de abonos orgánicos.

Por ello, la agricultura orgánica, al igual que todos los tipos de agricultura, tiene que entrarle a manejar sus riesgos. Para el caso del algodón, hay una estrategia diseñada para manejar la resistencia de las plagas a las toxinas de *Bt* que expresa. Esta estrategia consiste en la expresión de una concentración alta de toxina en la planta y en la existencia de zonas de refugio

* Colegio de Posgraduados.

aledañas al cultivo biotecnológico. La zona de refugio es una superficie que se siembra con la misma especie de cultivo pero que no expresa transgenes; es decir, es convencional. En México se manejan dos tipos de refugios: 80:20 y 96:4. En la opción 80:20, 80 por ciento de la superficie se cultiva con algodónero biotecnológico y 20 por ciento con algodónero convencional, y se permite el uso de plaguicidas en el refugio, excepto de aquellos que contengan toxinas de *Bacillus thuringiensis*. En la opción 96:4, de cada 100 hectáreas, 96 se tienen con algodónero biotecnológico y 4 con algodónero convencional y no se permite el uso de plaguicidas en las plagas objeto de control en el área destinada como refugio. Dicho refugio tiene la función de proveer individuos susceptibles, que, en un momento dado, se espera que se crucen con los posibles resistentes que provengan del algodónero genéticamente modificado y mitiguen la resistencia. La eficacia de estas estrategias debe monitorearse bajo un procedimiento internacionalmente reconocido.

un millón de hectáreas, pero la baja competitividad de los sistemas agrícolas ha disminuido esta superficie. No estamos compitiendo en el nivel internacional, nos estamos quedando atrás en casi todos los cultivos.

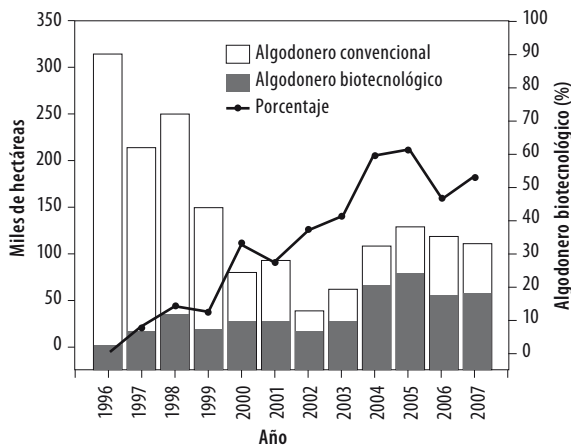
Los alimentos se tienen que producir aquí y no traerlos del extranjero con el argumento de que salen más baratos. Si a esta pésima política le sumamos los problemas que nos traerá el cambio climático, o tomamos decisiones o asumimos las consecuencias. Debido al cambio climático, la productividad del campo mexicano puede verse reducida en 50 por ciento. Es tiempo de buscar soluciones y no quedarnos con posiciones simplistas o románticas. Los que no siembran maíz no se preocupen, pueden estar en contra de los transgénicos, de lo orgánico y de todo, aparentemente no les afecta, pero les va a llegar al igual que a todos nosotros.

¿Cómo monitoreamos el impacto de los organismos genéticamente modificados sobre las plagas? Nosotros tenemos plagas que sabemos que son susceptibles a las toxinas que expresa el algodónero. Entonces, comparamos cómo responden esas poblaciones con las que vienen del campo de todas las zonas donde se cultiva algodónero genéticamente modificado.

En México se evalúa en comparación de contrapartes susceptibles todas las poblaciones de plagas que son atacadas por el algodónero biotecnológico. Hemos hecho este trabajo desde 1997 a la fecha. Aplicamos una serie de concentraciones crecientes de las toxinas de *Bacillus thuringiensis* y evaluamos el porcentaje de mortalidad, el porcentaje de larvas después de cinco días de exposición a dichas toxinas y el porcentaje de reducción de peso de larvas tratadas en relación con larvas no tratadas. La máxima mortalidad que hemos obtenido es de alrededor de 20 por ciento. Este porcentaje parece bajo; sin embargo, las larvas son sobrevivientes pequeñas y no tienen capacidad de ocasionarle daño al cultivo en el campo.

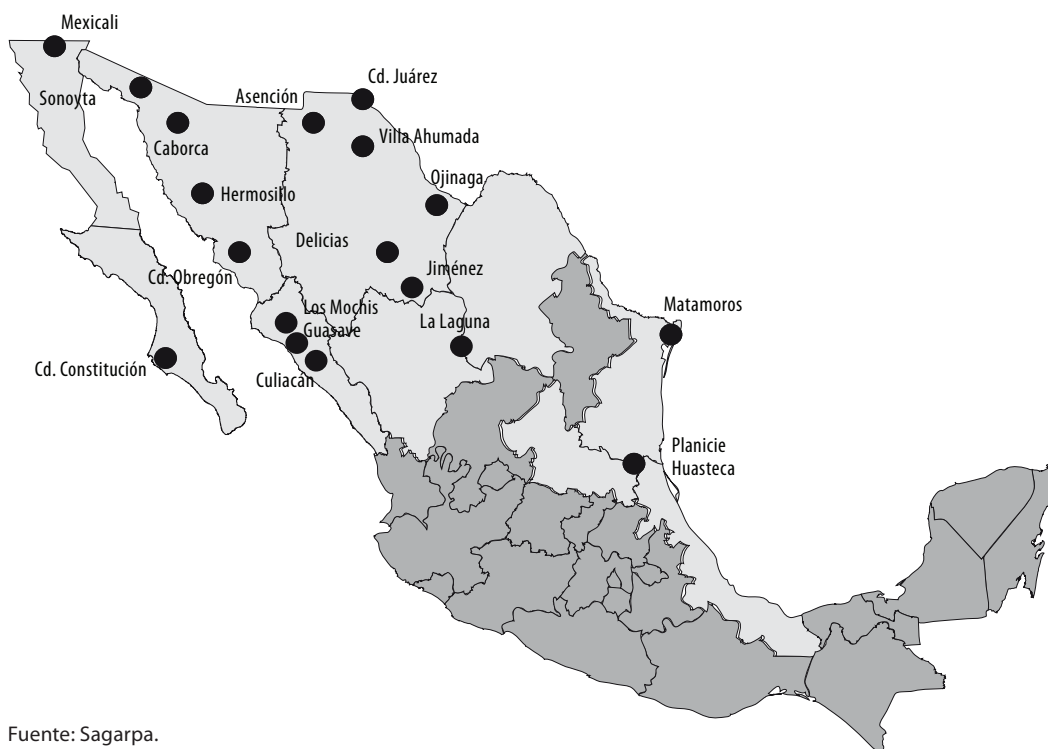
La reducción de peso de las larvas tratadas varía de 96 a 98 por ciento. En ambientes favorables, algunas de ellas se pueden recuperar. Es como si a un ser humano de 100 kilos se le bajara a un kilo y después se le diera de comer y éste se pudiera recuperar. Eso nos

Superficie sembrada con algodónero convencional y algodónero biotecnológico en México



Fuente: Sagarpa.

El algodónero biotecnológico se sembró por primera vez en Tamaulipas (896 hectáreas). Actualmente ya le ganamos a la época prehispánica. Antes de la llegada de los españoles sembrábamos alrededor de 75 000 hectáreas, ahora debemos estar entre 150 y 160 000 hectáreas. En México se ha llegado a sembrar más de

Regiones donde crece el algodón Bollgard y respuesta al monitoreo de *Bt*

Fuente: Sagarpa.

hace pensar que debemos ser más respetuosos con las plagas, por su superioridad genética.

A la fecha, las poblaciones de plagas que traemos del campo han manifestado la misma respuesta a las toxinas de *Bacillus thuringiensis* que sus contrapartes susceptibles que tenemos en el laboratorio. Quiere decir que en México hemos hecho las cosas bien; hemos estado vigilando muy de cerca las poblaciones de plagas que controla el algodón biotecnológico. En el momento en el que se detecte resistencia, se le tendrá que comunicar al gobierno para que tome decisiones.

Ya apareció el primer caso de resistencia de gusano rosado al algodón biotecnológico en India. Es posible que este problema empiece a aparecer en otros lados donde se utiliza algodón biotecnológico. El combate químico de plagas no es una práctica sustentable. Debe quedar claro, no es la panacea, sino una herramienta más.

El algodón genéticamente modificado ha tenido en la balanza muchos más beneficios que daños y esperamos que México pueda beneficiarse de esa tecnología donde sea factible. No tenemos tecnología biotecnológica para agricultura campesina en estos momentos; en el futuro la vamos a tener y seguramente empezará otro debate.

A las grandes empresas no les interesa meterse a la agricultura campesina porque no hay dinero, pero a las instituciones públicas sí les podría interesar porque la agricultura campesina también tiene derecho a recibir beneficios, sobre todo de los genes de la cuarta generación, que son maíces con mayor contenido nutricional. Ahí es donde va a empezar la discusión. Creo que aquí es importante ventilar pros y contras, de modo que se tomen decisiones responsables sustentadas en la ciencia.

Actualmente, en el Colegio de Posgraduados estamos desarrollando tecnología muy sencilla para de-

tectar transgénicos: ésta consiste en el mejoramiento genético de larvas para que evidencien si una planta es transgénica o no. Es como usar perros que detectan droga.

Es conveniente puntualizar que el algodón biotecnológico ha sido de enormes beneficios para México. En la Comarca Lagunera era común que el jornalero

dejara a su niño en el fondo del surco, a la sombra de las plantas de algodón y que pasara la avioneta aplicando insecticida. Ya no tenemos ese escenario. La vida de esos jornaleros es tan valiosa como la nuestra. En mi caso, me tocó aplicar insecticidas a los 10 años. No se vale, a esa edad un niño debe andar jugando, divirtiéndose con la resortera, no aplicando plaguicidas.

Herramientas para el monitoreo de organismos genéticamente modificados en cultivos

Dr. Quintín Rascón Cruz*

Me parece muy importante presentar un pequeño resumen de lo que es el monitoreo de organismos genéticamente modificados y abordar algunos aspectos que son muy relevantes desde el punto de vista de los investigadores, lo que nos ha parecido más destacado y los retos que nos representa pertenecer a una red de monitoreo.

En Chihuahua, el lugar en donde estoy trabajando, como que no se escucha muy bien, parece que la información viaja en burro. Debido a la distancia geográfica la información e impacto de eventos de liberación incidental es, en ocasiones, menos evidente. La Comisión Intersecretarial de Bioseguridad de los Organismos Genéticamente Modificados (Cibiogem) nos ha agrupado en redes para realizar monitoreo. Sin embargo, estas iniciativas (de los legisladores) nos llevan a hacerlo de dominio público y a entrar en contacto con el problema y con otros investigadores. Por la gran extensión territorial de nuestro estado, suceden muchos eventos de liberación no intencional que podemos exponer.

Los dos genes con más frecuencia buscados, desde la óptica de la Facultad de Ciencias Químicas en Biotecnología de la Universidad Autónoma de Chihuahua, son MON 810 y Cry1Ab.

Hemos realizado algunas tesis, aparte de las convocatorias de la Cibiogem, ya que no lo hemos hecho formalmente como miembros de la Red de Monitoreo. La Cibiogem necesita urgentemente los recursos para echar a andar estas redes de monitoreo, pues es indispensable saber dónde tenemos transgénicos en México.

También es importante la aplicación de la Ley de Bioseguridad de Organismos Genéticamente Modificados. La Cibiogem está intentando implementar esta ley en los centros de enseñanza e investigación. Con ese

propósito se está dando a la tarea de organizar reuniones para preguntar quiénes trabajan con organismos genéticamente modificados. Se les darán los primeros lineamientos para que hagan sus registros a quienes trabajan con transgénicos, no importa con cuáles: maíz, bacterias, insectos u otros. Debemos tener un registro de qué está pasando y saber quién se dedica a hacer ingeniería genética de cualquier tipo de organismo.

Hay muchas maneras de detectar las plantas transgénicas: se pueden hacer estudios (muestreo al azar), como se presenta en el diagrama "Pruebas de campo". Se trata de una parcela con algunas distribuciones muy bien determinadas, con modelos estadísticos para saber el efecto que puede tener el flujo de los transgenes. Se siembra maíz, soya o lo que se pretenda analizar con transgenes o plantas control a los lados. Los métodos moleculares más utilizados son: el PCR en tiempo real, la detección con anticuerpos contra proteínas que se expresan en plantas transgénicas y el *southern blot*, este último es un método muy preciso aunque un poco más laborioso.

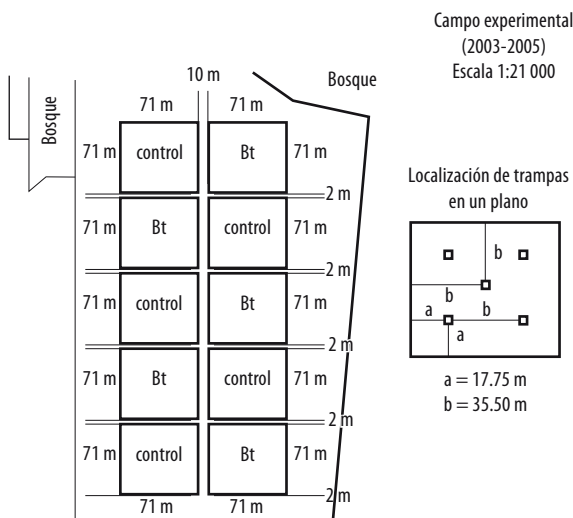
Es importante saber qué parámetros tenemos que estandarizar, por ejemplo, hacia dónde corre el viento, si lo que nos interesa saber es si el polen transgénico migra a determinada velocidad o con determinada viabilidad; o el promedio de la temperatura, si buscamos conocer qué efecto puede tener la temperatura y la migración del polen; también nos interesa saber el efecto que tienen las lluvias sobre la dispersión de polen.

Son, desde el punto de vista académico y científico, aspectos que nosotros queremos investigar con este reto de la implementación de la Red de Monitoreo.

Como comentaba, ya hay métodos comerciales para la detección de transgénicos; sin embargo, lo importante es contar con métodos estandarizados, con lo cual me refiero a que todos los laboratorios de la Red de Monitoreo realicen el procedimiento de la misma manera y con los mismos controles. Es por esto que

* Universidad Autónoma de Chihuahua.

Pruebas de campo

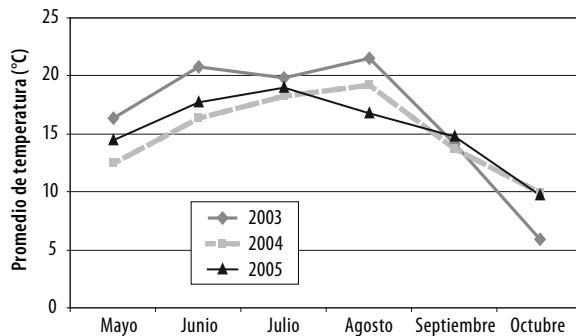


Fuente: O. Habuštová, H.M. Hussein, M.M. Adel, F. Sehnal, "Effects of *Bacillus thuringiensis* Cry3Aa toxin and *Galanthus nivalis* agglutinin on the efficacy of entomopathogenic nematode *Steinernema feltia* in the tests with *Spodoptera littoralis* caterpillars", 4th EIGMO-Meeting, Rostock (Alemania), 14-16 de mayo de 2009.

interesa analizar rápidamente grandes cantidades de semilla (maíz, trigo, algodón, por ejemplo), se pueden sembrar las semillas, germinarlas y aplicar el herbicida, o incluso tratar de geminar las semillas en presencia del herbicida. Así podríamos detectar la cantidad de eventos transgénicos que pueda haber en éstas.

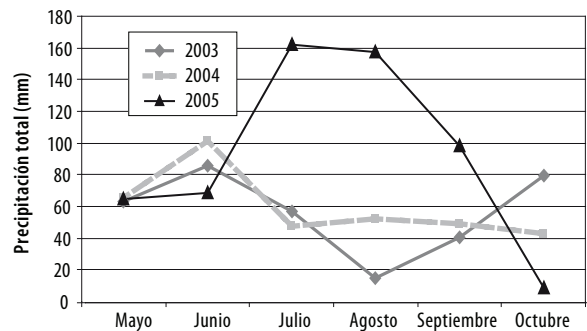
Además de lograr la identificación rápida con los métodos anteriores, utilizando insectos o utilizando el herbicida en estadios muy tempranos del desarrollo de la planta, podemos complementar el trabajo con métodos moleculares: por ejemplo, el PCR es un método muy potente que debe estar acompañado de otros métodos que auxilien la detección de transgénicos. En la hibridación con sondas, que es un método que considero un poco más certero, hay menos falsos positivos y falsos negativos, y acompañado de la secuenciación de genes aseguraremos, sin lugar a dudas, que podemos tener eventos transgénicos en determinados organismos.

Promedios de temperatura, 2003 - 2005



Fuente: Guy M. Poppy y Michael J. Wilkinson (eds.), *Gene Flow from GM Plants*, Blackwell, 2005, p. 241.

Lluvias, 2003 - 2005



Fuente: Guy M. Poppy y Michael J. Wilkinson (eds.), *Gene Flow from GM Plants*, Blackwell, 2005, p. 241.

debemos apoyar el desarrollo y establecimiento de laboratorios de referencia.

Se presentan algunos métodos *in situ* de análisis. También hay métodos de ensayo de invernadero: si nos

En el cuadro "Especies dominantes de insectos" presento algunos de los nombres de los insectos que comúnmente viven o sobreviven en el norte del país. ¿Por qué nos interesan los insectos? Porque no solamente el viento dispersa el polen, sino que en una parte importante contribuyen los insectos. Entonces, nos interesa también estudiar las poblaciones de insectos, no en mi laboratorio, pero hay otros investigadores que se especializan en el estudio de la dispersión de insectos, la dispersión y la viabilidad del polen.

Otros de los intereses en el laboratorio son: cómo se dispersa el polen, y qué herramientas se pueden desarrollar para evitar la dispersión del polen. Se hablaba en otra exposición del sistema terminador que evita la reutilización de la semilla durante cultivos consecutivos. En parte, la intención de haberlo desarrollado era evitar que el polen contaminara otras plantas, ésta es una de las estrategias de biocontención.

Sin embargo, hay otras maneras de evitar la dispersión de genes por medio del polen de las plantas transgénicas; es decir, evitar que los genes puedan migrar a parientes cercanos o a granjeros que pretenden sembrar semillas que no sean transgénicas. Se están desarrollando estrategias como la de llevar los genes a cloroplasto. El cloroplasto es el organelo que hace que las plantas se pongan verdes, tiene su propio genoma y su segregación no es mendeliana, es preferentemente vía materna, de modo que los genes colocados en este compartimento no viajan en el polen.

Entonces, ¿dónde están los transgénicos en el país y cómo los vamos a detectar? Ésa es la principal pregunta de este panel. Ya he mencionado algunas estrategias: podemos hacer PCR, utilizar métodos rápidos como decía el doctor Rodríguez, utilizar larvas para detección rápida, hay métodos químicos para ver si el cambio de pH en la raíz pudiera ser un indicativo de la presencia de glifosato. Hay muchas metodologías moleculares y con insectos que se pueden utilizar.

No obstante, quizá nos estamos asomando por la ventana equivocada. Tenemos que ver el panorama nacional y buscar un mapa de distribución de los transgénicos. ¿Por qué nos interesa conocer eso? Porque a nosotros, como investigadores, nos interesa conocer de manera local el efecto que ha tenido la liberación accidental de organismos genéticamente modificados en su entorno, como ya ocurrió en Chiuhuahua.

En 2009 se incautó el producto de más de 60 hectáreas de cultivo de plantas transgénicas que trajeron los menonitas (población que vive en el norte del país y que tiene sus propios métodos de cultivo). Entonces, se les hizo fácil traernos unos cuantos costales de maíz *Bt* y sembrarlos. Las milpas son muy bonitas; sin embargo, todos esos materiales fueron incautados y fueron procesados conforme a los lineamientos del Consejo Consultivo Científico, es decir, fueron tratados térmicamente para que las semillas fueran estériles. Pero se nos hacía un crimen tirar a la basura o quemar 60 toneladas de maíz, por lo que se determinó dejarlas ya que el tratamiento térmico había desactivado la semilla.

Con esto quisiera terminar mi charla, ¿por qué es importante encontrar las plantas transgénicas? Porque nos interesa el efecto que ya ha tenido la liberación accidental de transgénicos en su entorno. Nos interesa el punto de vista académico.

Especies dominantes de insectos

Especies	2003		2004		2005	
	<i>Bt</i>	No <i>Bt</i>	<i>Bt</i>	No <i>Bt</i>	<i>Bt</i>	No <i>Bt</i>
<i>Pterostichus melanarius</i> (Illiger, 1798)	576	612	631	653	415	494
<i>Calathus fuscipes</i> (Goeze, 1777)	328	215	99	63	110	78
<i>Poecilus cupreus</i> (Linné, 1758)	375	451	4 019	4 593	2 962	3 456
<i>Bembidion quadrim aculatum</i> (L., 1761)	123	114	186	224	50	60
<i>Trechus quadristriatus</i> (Schrank, 1781)	17	23	27	24	14	18
<i>Bembidion lampros</i> (Herbst, 1784)	11	3	45	67	43	22
<i>Pseudoophonus rufipes</i> (De Geer, 1774)	154	178	94	68	168	273
<i>Clivina fossor</i> (Linné, 1758)	37	36	30	23	14	16

Fuente: O. Habuštová, H.M. Hussein, M.M. Adel, F. Sehnal, "Effects of Bacillus thuringiensis Cry3Aa toxin and Galanthus nivalis agglutinin on the efficacy of entomopathogenic nematode *Steinernema feltia* in the tests with *Spodoptera littoralis* caterpillars", 4th EIGMO-Meeting, Rostock (Alemania), 14-16 de mayo de 2009.

Análisis crítico de la capacidad actual del país para realizar el biomonitoreo de organismos genéticamente modificados

*Biól. Alma Piñeyro Nelson**

En consideración de los ponentes que sabía que íbamos a estar presentes en este panel, deliberadamente voy a dejar de lado los aspectos técnicos de cómo se podría realizar el monitoreo, en particular para la detección de transgenes en organismos genéticamente modificados o de los que se tiene la sospecha de que lo son. Mi experiencia particular es en el caso del maíz, pero no voy a entrar a la parte técnica; decidí maximizar mi presentación en función de un análisis más general que incluya una reflexión en torno a las necesidades de biomonitoreo y de organismos genéticamente modificados en México.

Quiero hablar a gran escala sobre qué es lo que tenemos y qué es lo que necesitamos en el ámbito de biomonitoreo de organismos genéticamente modificados, y voy a hacer énfasis en el caso de las necesidades que tenemos en función del posible escenario de introducción de maíz transgénico, ya a campo abierto, en escalas más allá de la escala experimental.

Planteo una definición muy escueta nada más para recordar qué es el biomonitoreo: es la detección de manera indirecta de la presencia de transgenes en una planta o de sus derivados en una muestra.

¿Por qué digo de manera indirecta? Porque a la fecha no hay ningún organismo transgénico que pueda ser distinguido visualmente de uno no transgénico, ya sea maíz, algodón o soya. Por lo tanto, tenemos que recurrir a métodos indirectos que van desde los fisiológicos, como la aplicación de herbicidas, los inmunológicos, como la utilización de tiras o placas de ELISA, hasta llegar a las diferentes variantes de las técnicas moleculares basadas en la detección de ADN recombinante.

Como decía, esto va a ser una presentación muy general, en términos de reflexión sobre la capacidad

que tenemos en México para hacer biomonitoreo. La voy a dividir en dos partes: ¿Qué tenemos? y ¿qué necesitamos?

¿Qué tenemos?

Infraestructura y capacidad instalada

1. Hasta el momento hay un laboratorio certificado para la detección de organismos genéticamente modificados: el Centro Nacional de Investigación y Capacitación Ambiental (Cenica-INE). Sé que hay otros laboratorios que tienen experiencia en el tema de monitoreo, que han pasado pruebas de análisis intralaboratorios y que tienen métodos estandarizados, pero éstos no han sido certificados.
2. La Red Mexicana de Monitoreo de Organismos Genéticamente Modificados tiene 26 "nodos". La definición de nodos es un tanto ambigua, si uno lee nada más la parte de la información que está disponible en la red, no es claro si son laboratorios que tienen capacidad instalada para hacer pruebas moleculares o si son grupos de investigación que tienen experiencia en campo para levantar una colecta que luego sea analizada por métodos moleculares. Digamos que estos 26 nodos los equiparamos a 26 laboratorios, entonces tenemos 26 laboratorios en todo el país capacitados para llevar a cabo el monitoreo. Pero eso es en el mejor de los casos. Tengo la duda sobre si esto incluye a los 12 laboratorios nacionales que han desarrollado técnicas de detección de organismos genéticamente modificados, que fueron mencionados en un comunicado de la Sagarpa en agosto de 2009.
3. En marzo de 2009 se creó el Centro Nacional de Referencia en Detección de Organismos Genéticamente Modificados (CNRDOGM, del Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria), cuyo objetivo es ser un centro con capacidad de entrega inmediata de resultados de pruebas de laboratorio, siempre mediante "el desarrollo y validación de nuevos protocolos de detección de organismos genéticamente modificados".

* Instituto de Ecología de la UNAM / Unión de Científicos Comprometidos con la Sociedad, A.C.

¿Qué necesitamos?

Transparencia de la información

Tenemos que averiguar cuáles son los criterios científicos que se están aplicando en los protocolos de investigación de organismos genéticamente modificados usados en el Cenica y en el CNRDOGGM. Sabemos que muchos de los laboratorios se certificaron con una empresa de los Estados Unidos que se llama Genetic ID, que es una de las que tiene mayor experiencia en monitoreo de transgénicos.

También sería importante destacar el asunto de la transparencia de la información. Si uno visita la página de la Red de Monitoreo, no encuentra cuáles son los criterios de análisis de las muestras para saber si es positivo o negativo. Aunque se menciona que se hacen pruebas de PCR, desde el punto de vista de un científico que quiera averiguar qué es lo que se hace en la Red es muy complicado entender cuál es la variedad de técnicas utilizadas; cuáles son los parámetros para determinar si es positivo o negativo; si se hacen pruebas a nivel de ensayos con insectos, en el caso de maíces resistentes a insectos; y también con qué materiales de referencia se cuenta.

Otra pregunta que me parece fundamental es, ¿dónde hay organismos genéticamente modificados? Y específicamente, ¿dónde hay maíz transgénico en el país? Por el momento los resultados de las labores de biomonitorio realizadas dentro de la Red, el Cenica, el CNRDOGGM, no son del dominio público, a menos que haya una manera muy intrincada de obtenerlos, pero yo los busqué y nunca los encontré disponibles en internet.

Hay un pequeño compendio de algunos de los esfuerzos de biomonitorio que se han hecho desde la primera evidencia de presencia de maíz transgénico en México, en Oaxaca, que fue publicado en 2001. Luego se hizo una serie de monitoreos de este tipo de análisis, no todos validados en la literatura científica. Algunos fueron conducidos por el Instituto Nacional de Ecología, por la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, por la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. Pero lo que me parece importante destacar es que algunos de estos estudios, sobre todo aquellos conducidos

por la Comisión Intersecretarial de Bioseguridad de los Organismos Genéticamente Modificados (Cibio-gem), y algunos del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), nunca fueron del dominio público, en particular los que se realizaron en 2001, 2003 y 2004. De éstos no sabemos cuáles son los datos concretos de dónde se colectó o cuánto se colectó y en particular si había o no transgenes en las muestras de maíz obtenidas.

Dada esta falta de sistematización y transparencia en los resultados de los biomonitoreos hechos hasta el momento, y con el fin de tener un panorama realista de qué es lo que está sucediendo en México, nos hace falta mucho mayor acceso a la información y éste tiene que ser de índole pública.

Para hacer una segunda reflexión sobre la transparencia de la información, algo que me parece relevante mencionar, por las implicaciones que tiene, es el reglamento al que se tiene que ceñir un investigador de la Red Mexicana de Monitoreo de Organismos Genéticamente Modificados. En este reglamento hay ciertas limitantes, como es la existencia de "políticas de confidencialidad y transparencia de la información recabada por la Red con relación a los hallazgos de las zonas de estudio y monitoreo" (artículo 17, fracción XIV). El texto del artículo 54 estipula que:

El resultado de las investigaciones se dará a conocer mediante los mecanismos que establezca el Comité Permanente, y en los casos en los que éstos pudieran interferir en el resultado de procedimientos judiciales o administrativos se requerirá la aprobación previa del Comité Permanente.

Por lo tanto, la prerrogativa para decidir qué resultados se hacen públicos descansa en un comité permanente, no en los investigadores involucrados.

Con estas restricciones, quiero saber si ser parte de la Red conlleva ventajas, entre ellas validar métodos, homologar técnicas, hacer pruebas cruzadas, pues se tiene algo que es muy importante: el acceso al material de referencia.

¿Qué es el material de referencia? Son los controles positivos y negativos que se necesitan para hacer

cualquier tipo de prueba de laboratorio. Porque se puede hacer una prueba de laboratorio pero si sale un resultado positivo o sale un resultado negativo y no se dispone de los controles contra los cuales contrastar si lo encontrado es real o no, no se sabrá si el resultado positivo es un falso positivo, o sea, si se hizo algo mal durante la aplicación de la técnica; o si el negativo es real, o también es un error de la técnica.

Por todo lo anterior, es importante tener los datos concretos y saber qué pruebas se hicieron y cómo se hicieron; saber cuándo se están haciendo monitoreos. Ya se ha hecho un esfuerzo bastante importante de biomonitoreo de transgenes en maíz, por lo que puede ser frustrante no tener acceso a los resultados, lo que nos impide saber dónde estamos parados.

No dudo que algunos de los funcionarios que están involucrados en eso sepan dónde estamos parados, pero no se puede hacer una discusión integral basada en datos si no tenemos acceso a la información completa.

Capacidad técnica

Consideramos que debemos tener la capacidad técnica para biomonitorear en dos niveles: uno es el biomonitoreo en campo, pero también debemos monitorear lo que está entrando por la frontera norte, las miles de toneladas de maíz que se importa desde los Estados Unidos que no viene segregado; es decir, viene un buen porcentaje de maíz transgénico que se difunde por toda la cadena productiva mexicana.

Sin biomonitoreo de lo que entra al país, ¿cómo podemos saber por dónde está entrando?, ¿cómo podemos saber si se está sembrando?, ¿cómo podemos saber si, de hecho, el consumo de ese maíz transgénico puede tener efectos en la salud a largo plazo? Aquí me estoy adelantando a la siguiente parte, pero el monitorear la presencia de maíz transgénico en alimentos en México no es trivial.

En cuanto a pruebas de daño por consumo de alimentos transgénicos, se han hecho pruebas de toxicidad, pero en éstas se espera ver efectos inmediatos.

A los animales del laboratorio se les da una dosis muy alta de la proteína recombinante de interés, y si no se mueren o no tienen indicadores de daño metabólico y fisiológico particular en un cierto periodo de tiempo, se asume que no es una toxina que te mate inmediatamente. Sin embargo, en México tenemos el escenario en donde vamos a estar consumiendo maíz transgénico de manera crónica, a lo mejor en bajas dosis, pero todos los días, en las tortillas, de aquí a 20 años, y si no tenemos la capacidad de monitorear eso, nunca vamos a poder hacer un estudio epidemiológico serio que nos ayude a saber si estamos o no ante un riesgo real alimentario para la salud humana.

Necesitamos más personal capacitado para llevar a cabo investigación en transgénicos y no sólo en detección. Al escuchar las presentaciones anteriores, me di cuenta de que también es fundamental enviar a alguien que sepa ir a campo y hacer una colecta, y que pueda tener la capacidad de dialogar con los agricultores, explicarles de qué se trata el trabajo, hacer encuestas. También para esa actividad se necesita capacitación y creo que estamos bastante fallos en eso.

Además, necesitamos investigaciones sin conflictos de interés y laboratorios sin conflictos de interés. Es decir, regresando al punto anterior de transparencia de la información, creo que dentro de la Red de Laboratorios de Monitoreo seguramente hay investigadores que hacen la mejor ciencia posible, con las mejores intenciones, y que están interesados y además preocupados de saber cuáles son los efectos de los transgenes en alguna especie particular en nuestro país; pero no sé hasta dónde esos investigadores están atados de manos dadas las cláusulas de confidencialidad en el reglamento de la Red.

No me sorprendería que algunos investigadores se encuentren ante el conflicto ético de tener que decidir si hacen pública la información que tienen en sus manos sobre presencia de transgenes –sobre todo de transgenes que puedan ser nocivos a la salud humana, como los que van a estar presentes en la siguiente generación, transgenes que produzcan fármacos, que produzcan plásticos– o se esperan a que les dé el permiso el Comité Permanente. Creo que es algo que se tiene que discutir.

Investigación enfocada al país

Necesitamos investigación enfocada al país, tenemos que investigar la capacidad de detección de transgenes usando técnicas de laboratorio estandarizadas, probándolas en diferentes contextos genómicos.

¿Qué quiere decir esto? Sabemos, de entrada, que no todas las variedades nativas de maíz tienen la misma composición química, pero tampoco tienen el mismo tamaño del genoma; algunas casi duplican el tamaño del genoma, tienen muchas más copias de algunos genes que de otros y no sabemos cómo están afectando las diferencias biológicas entre variedades de maíz, la capacidad de las técnicas para detectar transgenes.

También sabemos, por ejemplo, que las técnicas de detección basadas en la hibridación ADN-ADN son afectadas por el tamaño del genoma del maíz, porque en estas técnicas importa cuánta cantidad de la muestra pones en función del tamaño del genoma. Este es nada más un ejemplo, pero no es la única técnica que tiene conflictos dependiendo del contexto genómico.

Dado lo anterior, también tenemos que investigar medidas de contención y de depuración de organismos genéticamente modificados contaminantes o tóxicos cuando se encuentren en acervos genéticos no deseados y proteger los acervos de diversidad genética en el país.

También debemos continuar la investigación en torno a cuáles son las dinámicas de intercambio y flujo de semillas en México, y esto en particular con el maíz, ya que hay un manejo muy dinámico de las semillas por parte de los productores y de los agricultores. Es muy común el intercambio de semillas entre agricultores, simplemente para probar una nueva variedad; también se da en otras especies, pero el maíz es un caso paradigmático de este sistema.

En este contexto, el maíz transgénico no nada más se disemina porque un maíz transgénico polinice a un maíz no transgénico y los hijos del no transgénico ahora sean transgénicos; también fluye la semilla transgénica y esta semilla se mezcla con la semilla

no transgénica y, por lo tanto, tenemos ya acervos que pueden ser mixtos.

Algo muy importante es la presencia de transgenes en alimentos. Después de investigar la presencia de transgenes en alimentos, lo siguiente es ver cuál es el efecto que causa el consumo de alimentos transgénicos a largo plazo y de manera crónica.

Protección de la diversidad genética agrícola

Creo que en este sentido hay un consenso: necesitamos proteger la diversidad genética agrícola, que es de la que vamos a echar mano para hacer mejoramientos futuros, usando múltiples técnicas, pero también, por sí misma, es uno de los grandes capitales naturales de este país.

Proteger la diversidad genética agrícola implica proteger el sistema de generación de esa diversidad genética. Como ya había mencionado el doctor Sarukhán, hay que proteger el proceso, no nada más la semilla, y el proceso implica a los agricultores que son los dueños de esa semilla pero además son los que la mantienen de generación en generación.

Consideraciones sobre el caso particular del maíz

Actualmente en México falta infraestructura, laboratorios, personal capacitado, acceso constante a materiales de referencia, controles positivos y negativos, así como investigación sobre la presencia y distribución de efectos y contención de transgénicos.

Mientras tanto, en el caso particular del maíz, estamos en el escenario de que ya hay siembras experimentales de maíz transgénico en México.

Ahora bien, esas siembras experimentales de maíz transgénico en México –y este es un punto de vista personal, dado que yo revisé las solicitudes de estas siembras experimentales– no van a aportar ningún dato científico relevante, no van a ofrecer ninguna maniobra de contención, no van a decir nada sobre bioseguridad.

Las siembras experimentales se hacen para cumplir un requisito formal y pasar a la fase de cultivo piloto.

En este escenario, si pasamos al cultivo piloto, tenemos una situación grave, porque el país no tiene la capacidad para monitorear siembras de maíz transgénico u otros cultivos, por lo menos no a escala nacional y de manera sostenida. Por lo tanto, no tenemos capacidad de salvaguardar nuestros acervos genéticos de una mezcla con organismos genéticamente modificados, mientras que sí sabemos que el flujo de maíz transgénico y no transgénico ha ocurrido y que ya ocurrió una cierta dispersión.

Como decía la doctora Otero, y nuestros propios datos lo confirman, la dispersión no es total, es bastante localizada, normalmente en bajas frecuencias, pero si no echamos mano de lo que sabemos ahora, de la experiencia que tenemos de esa dispersión que se dio antes de que fuera legal sembrar maíz transgénico en México, en tanto que sea legal, vamos a estar en un escenario mucho más complicado e incontrolable.

Conclusiones

Creo que es fundamental la implementación de un sistema de monitoreo e investigación sobre efectos de organismos genéticamente modificados en el nivel nacional, en particular, desde luego, en el caso del maíz, antes de liberar nuevos cultivos transgénicos al ambiente.

Para llevar a cabo lo anterior, necesitamos acceso a los materiales de referencia y a la información sobre biomonitorio; así como regresar a una prohibición de la siembra a campo abierto de maíz transgénico, puesto que es una biotecnología que no se puede controlar, como los datos, por lo menos del grupo de investigación en el que he participado, lo demuestran. Me imagino que los datos que tienen en dependencias gubernamentales sugieren lo mismo. Debemos considerar que esta tecnología va a generar costos públicos y beneficios privados.

Presencia de secuencias y proteínas provenientes de organismos transgénicos en alimentos de maíz, y entrada masiva de transgenes por las fronteras de México

*Dra. María Amanda Gálvez Mariscal**

Quisiera comenzar por decir que los transgénicos en México se comen. El transgénico de maíz en los Estados Unidos es alimento de ganado (forraje) o se usa para extraer almidón, para extraer aceites, pero la gente no se lo come directamente. Allá tiene otro estatus.

En México el maíz es muy importante porque se come, porque los criollos de maíz son fundamentales para la cultura y para la alimentación. Sin embargo, en el comercio quedan los criollos mexicanos mezclados junto con el maíz forrajero, que es el maíz para industrializar. Por ahí voy a empezar.

Hay varias generaciones de transgénicos: la primera la constituyen los transgénicos que se defienden contra los insectos, o que son tolerantes a herbicidas. Cuando se aplica el herbicida en el campo, todo se muere menos el transgénico.

Pero existe una nueva generación de transgénicos, donde ya están cambiando cosas al maíz. Son variedades de maíz que ahora van a tener o un mayor nivel de vitaminas o un mayor contenido de ácido fólico o algún otro cambio nutricional. Ahí ya cambia la composición original del maíz, o de plano se va a buscar que produzca un nutraceutico, que es una sustancia con efectos entre nutrimento y farmacéutico. Un ejemplo son los carotenoides, que ahora se sabe que son buenos antioxidantes y no son otra cosa más que los pigmentos amarillos de las frutas amarillas y anaranjadas o el propio maíz amarillo.

También se expresan ahora en maíz algunas otras cosas que son todavía más difíciles de aceptar, desde mi punto de vista, y que es la producción de plásticos, de sustancias industriales no comestibles, de fármacos y de medicamentos, o de vacunas, o de sustancias que están diseñadas precisamente para producir un cambio inmunológico en quien se lo coma, pero

están expresadas en el maíz. Esto sucede porque resulta ahora muy fácil hacerlo por medio de ingeniería genética en plantas de maíz, y en los países desarrollados el maíz no es importante como alimento, sino como planta para industrializar.

En este nuevo caso se generan problemas, ya que se expresan cosas totalmente diferentes de las primeras generaciones de transgénicos, que no son para la alimentación. Tienen características que los hacen no apropiados como alimento. Quiero compartir estos datos: aquí la biodiversidad se come, *per capita*, 385 gramos diarios, en promedio. Yo que siempre estoy a dieta, sólo como dos tortillas al día, me pregunto quién se come el resto de mi maíz. Hay gente que come muchísimo más maíz al día del promedio: es la base de nuestra alimentación.

La otra cuestión es la siguiente. Aquí tenemos entonces, en la mesa, estas tres generaciones de transgénicos. Lo que me interesa de todo esto es destacar que nosotros somos un país diferente y que nos vamos a comer lo que en otros países no se come: comemos el maíz hervido en forma de esquites, en elotes. En este momento es importante decir que los transgénicos están diseñados para producir proteínas. Hasta ahora hemos estado hablando de si los transgenes pueden migrar y fluir hacia otras plantas. Por otro lado, es importante recordar que se trata de que en un transgénico se produzca algo nuevo, y esa cosa novedosa la produce el transgén. Pero si se come un transgén, se digiere, se convierte en carbono, hidrógeno o nitrógeno y se absorbe. Sin embargo, la proteína heteróloga, que es el producto del transgén, que es la porción activa –la que produce esa resistencia a los insectos, la tolerancia al herbicida o un efecto inmunológico porque es una vacuna–, ésa sí, al comerla, nos puede traer algún efecto no esperado o producir alergias. Los niveles de expresión son muy bajos, pero vamos a estar comiéndonos esas proteínas en cantidades mucho mayores que en cualquier otro país por la proporción de maíz que comemos. Eso es lo primero que quiero dejar asentado, porque

* Facultad de Química, Universidad Nacional Autónoma de México.

hasta ahora hemos hablado de todos los impactos ambientales, pero los efectos del maíz transgénico como alimento son distintos.

En la Ley de Bioseguridad de Organismos Genéticamente Modificados se tienen cubiertas todas estas cosas y bajo ella en México se han autorizado 31 maíces transgénicos para consumo humano. No sé si ha quedado claro: una cosa es lo que se autoriza para hacer una siembra experimental de maíz, y algo distinto es la enorme cantidad de transgénicos que están entrando al país por importaciones para la industria almidonera, para la industria de alimento de ganado y para la industria del huevo y del pollo (se les da de comer maíz), es el caso de las vacas, aunque deberían de estar pastando en vez de estar comiendo maíz. Ésa es la costumbre que se ha adquirido por estar tan cerca de los Estados Unidos, porque ésa es la costumbre allá para manejar los alimentos balanceados y porque de alguna manera la producción se ha hecho extensiva y ahora se tiene que manejar de esa forma.

La Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (Sagarpa) debe autorizar la siembra de los transgénicos, pero también el sector salud los tiene que aprobar, porque normalmente los cultivos transgénicos son cultivos para la alimentación. En la Ley de Bioseguridad se requiere el etiquetado y la identificación; esto es algo que no se ha cumplido. En los comercios se debería poner una etiqueta en donde diga si el alimento proviene o no de un producto transgénico, si su composición es diferente de la normal. Eso es lo que dice la Ley y eso es a lo que el consumidor tiene derecho.

Hoy por hoy no sabemos dónde están los transgénicos en los alimentos que nos estamos comiendo. Los cargamentos de granos de importación requieren documentación que los acompañe en la que se indique si pueden contener organismos genéticamente modificados, pero no siempre se cumple esto. No solamente es una cuestión ambiental, sino que también estamos hablando de qué es lo que puede entrar en la cadena alimenticia. Las detecciones no son triviales.

Los desarrollos de productos no comestibles en variedades de polinización abierta imponen un gran peligro si se siembran accidentalmente, es decir, si se usan granos como semillas. El peligro es que los transgenes inadvertidamente entren en una línea de maíz que normalmente debería ser no transgénica, que debería ser "convencional", y se usen en alimentación, como se usan todos los criollos en México.

¿Quién va a buscar las proteínas heterólogas en un campo de maíz, que es teóricamente normal, y no se sabe si ya tuvo flujo génico o no? Es la segunda pregunta que planteo. Faltan las evaluaciones más a profundidad del alimento como tal, después de que hayan podido suceder mezclas de granos o flujo génico, porque en México comemos mucho mayor cantidad de maíz que en otros países.

Bueno, a reserva de ser un poco repetitiva, o medimos el ácido desoxirribonucleico (ADN) por medio de amplificaciones en donde estamos buscando las secuencias de interés o se detectan las proteínas heterólogas. Con los métodos de ADN se reconoce si hay presente un transgénico, pero la sola presencia del

Tres generaciones de organismos genéticamente modificados

Generación	Rasgos	Ejemplos
Primera	Eficiencia agronómica <i>input traits</i>	Resistencia a insectos, tolerancia a herbicidas
Segunda	Modificaciones "interesantes" para el consumidor o mejoras para procesamiento <i>output traits</i>	Resistencia a enfermedades (hongos, virus), a estrés abióticos, modificaciones nutrimentales y nutracéuticas, con mejor calidad / características en proceso
Tercera	Molecular <i>pharming</i> : plantas como biorreactores	Producción de fármacos, vacunas (humanas y veterinarias), vacunas orales, aceites y sustancias industriales de especialidad (no comestibles)

ADN no indica si se expresa el transgén y que produzca proteínas. Su detección requiere otros métodos.

Para detectar el transgén, se amplifica el ADN, pero se necesita saber qué es lo que se está buscando, de otra manera es casi imposible encontrarlo. Necesitamos controles positivos y negativos para poder detectar un transgénico.

Con las técnicas montadas, al analizar muestras, los alimentos con ingredientes genéticamente modificados nos van a dar una señal, pero los alimentos que no los contengan, los alimentos convencionales, no nos tienen que dar ninguna señal. Los análisis no son fáciles, hay que saber qué es lo que sucede, por ejemplo, con las sustancias que pueden interferir en la reacción.

Voy a referirme a lo que hemos hecho en el laboratorio de la Facultad de Química de la UNAM. En este trabajo que está publicado, lo que hicimos fue mezclar granos de maíz transgénico cien por ciento, con granos normales de maíz para hacer tortillas, y ver si era posible todavía detectar no solamente los transgenes, sino también las proteínas de esos transgénicos, porque nos interesaba saber qué pasaba con las proteínas que quedan al final del proceso de nixtamalización y del proceso térmico al que se someten.

Observamos que se despedaza el ADN. El ADN se va haciendo cada vez más chiquito; sin embargo, aún con esos trocitos pequeñitos de ADN, teníamos una suficiente pureza y podíamos detectar el maíz que le habíamos puesto como marcador, que era el maíz *StarLink*. A 0.1 por ciento lo podemos “pescar” todavía. Cuando freíamos la tortilla ya no, pero en las tortillas de maíz sí lo pudimos encontrar, cuando la mezcla era de 0.1 por ciento. Hicimos más concentraciones a uno por ciento y lo pudimos detectar en todos los casos, y a diez por ciento, igual.

Si buscamos con un método más *elegante*, más específico, que es el PCR tiempo real, se trata de un método mucho más sensible. Lo que quiero decir es que es posible detectar transgénicos aun en las tortillas fritas y en los chips también; es decir, en la masa húmeda frita, sumergida en aceite a 200°C, durante más de un minuto, todavía es detectable el ADN y también las proteínas, las dos cosas.

Contenidos de OGM a 0.1% en maíz *StarLink*

Muestra	Media, % (w/w)	RSD	CV, %
Granos de maíz	0.19	0.018	9.3
Masa	0.10	0.005	4.8
Harina de nixtamal	0.10	0.001	0.7
Tortilla	0.31	0.004	1.4
Tortilla chip	ND	-	-
<i>Corn chip</i>	0.10	0.002	1.5
<i>Corn chip secos</i>	ND	-	-

ND: No detectado

Contenidos de OGM a 1% en maíz *StarLink*

Muestra	Media, % (w/w)	RSD	CV, %
Granos de maíz	1.23	0.121	9.8
Masa	1.16	0.002	0.2
Harina de nixtamal	1.03	0.016	1.5
Tortilla	1.41	0.015	1.0
Tortilla chip	0.52	0.001	0.3
<i>Corn chip</i>	1.16	0.023	2.0
<i>Corn chip secos</i>	0.63	0.079	12.4

Contenidos de OGM a 10% en maíz *StarLink*

Muestra	Media, % (w/w)	RSD	CV, %
Granos de maíz	14.12	0.166	1.2
Masa	12.64	0.090	0.7
Harina de nixtamal	9.35	0.017	0.2
Tortilla	9.47	0.254	2.7
Tortilla chip	6.64	0.175	2.6
<i>Corn chip</i>	14.29	0.119	0.8
<i>Corn chip secos</i>	8.28	0.053	0.6

Análisis de casos

1. El siguiente trabajo¹ que quiero presentar lo comisionó el sector salud en 2008. En este proyecto se tra-

¹ Detección y cuantificación de variedades de maíz genéticamente modificado en importaciones. (Equipo de trabajo:

Aduanas donde se obtuvieron las muestras de granos de maíz



Métodos inmunológicos disponibles comercialmente para proteínas heterólogas

Elisa	Inmunotiras
CP4-EPSPS (RR)	CP4-EPSPS (RR)
Cry3Bb1	Cry3Bb1
Cry1Ab/1Ac	Cry1Ab/1Ac
Cry1F	Cry1F
	Cry34Ab1
	Cry9C
	PAT

bajó con las muestras de distintos puertos de entrada al país para ver cuáles eran los niveles de transgénicos que se están importando. Esta fue la forma en que se dividieron y manejaron los granos: estuvimos

analizando los maíces aprobados, sabiendo qué es lo que ya estaba aprobado en Europa, en México, en los Estados Unidos. Un posible problema podría surgir si se cree que se tiene un maíz puro, no transgénico, y luego se quiere exportarlo. Si hubo flujo génico o se mezclaron las semillas mecánica o físicamente, entonces habrá problemas para poder exportar a Europa, por ejemplo.

Los métodos de tiras reactivas, los métodos rápidos, funcionan para detectar las proteínas, pero sólo funcionan cuando los granos no están dañados térmicamente, es decir, cuando la proteína está entera y todavía es reconocida por un anticuerpo. Entonces, cuando nosotros freímos las tortillas y los detectamos todavía, quiere decir que las proteínas estaban lo suficientemente intactas y todavía se podían detectar con un método inmunológico.

Esto indica que las proteínas heterólogas, o sea, las proteínas transgénicas, sobreviven a muchos procesos de alimentos, aun a los más rudos, como es la nixtamalización, es decir, la cocción con cal. Existe una amplia disponibilidad de tiras reactivas, sin embargo,

Abraham Acatzi, Javier Magaña, Carlos Moles, Carolina Peña, Marcela Castillo, Maricarmen Quirasco, Javier Plascencia, Marcelo Signorini, Amanda Gálvez).

no son suficientes, no detectan todos los transgénicos. Cuando se dispone solamente de esta detección rápida con tiritas –son como las tiras de embarazo–, no necesariamente se detectan todas las variedades de transgénicos que hay. En ese punto es preferible hacer la búsqueda del ADN.

Solicitamos una tercería a una compañía estadounidense certificada para comprobar que no tuviéramos ninguna falla; y en efecto, lo que nosotros encontramos, lo encontraron ellos también. Descartamos algunos de los posibles efectos que nos habían mostrado las tiras reactivas para poderlos verificar entonces por ADN en tiempo real.

Una de las cosas evidentes es que estamos encontrando las nuevas variedades de transgénicos que ya no solamente son simples, que no es un transgén en un maíz, sino que es un maíz que tiene dos y tres transgenes. Es más, ya se están comercializando las nuevas variedades *stacked*, las variedades “apiladas”. Cruzan uno o dos transgénicos que ya tienen originalmente un transgén y se hace un apilado de dos; esos dos se pueden cruzar con otro que tenga dos y entonces ahora tendrá cuatro transgenes.

Las nuevas variedades tienen ocho transgenes que producen 12 proteínas diferentes. Ésos no se autorizan en los Estados Unidos, porque ellos hacen la autorización individual de los transgénicos, y cuando hacen la cruce ellos consideran que es segura.

En México sí se requiere una autorización para todos los transgenes, entonces, para empezar, estamos desfasados en ese aspecto, pues la ley dice que tienen que estar autorizados en el país de origen, pero allá no hay autorización para éstos.

El problema metodológico al que nos enfrentamos en el laboratorio es una sobrestimación, justamente porque tenemos estos dobles y triples transgénicos. Cuando se hizo este estudio, hace dos años, sólo había triples, ahorita ya hay *stacked* de más transgenes.

Si tenemos en una misma cadena dos transgenes, vamos a tener 200 por ciento de transgénico cuando se haga la detección. O bien, si es una mezcla con

otros transgénicos simples, se sigue sobrestimando y podríamos llegar a 180 por ciento.

2. Detecciones en tortilla en el Distrito Federal.² De una muestra de 100 tortillas encontramos que solamente ocho de ellas tenían niveles detectables de transgénico. Adriana Otero mencionó niveles de 0.1 y 1 por ciento. Nosotros encontramos algo muy parecido: en una muestra 10 por ciento, en otra muestra 0.2 por ciento, y éstas tenían una mezcla con harina industrializada. Se hizo con PCR tiempo real.

Las conclusiones: encontramos concentraciones menores a 10 por ciento con un baja frecuencia, y esto es en tortillas del D.F.: dos de 99 muestras. En ocho de 99 se encontraron las señales, pero no eran cuantificables. Estas concentraciones son muy bajas: por debajo de 0.1 por ciento.

3. Hay una última experimentación, con soya,³ a la que quiero referirme porque aquí sí extrajimos las proteínas. Estamos trabajando con la doctora Ana María Calderón, del Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo en Sonora, quien trabaja con ratones a los que se les alimenta con soya transgénica: soya *Roundup Ready*. Era importante conocer mejor la proteína transgénica que comían los ratones, porque eso es lo que podría explicar las observaciones anómalas del páncreas, de acuerdo con sus resultados preliminares. Pudimos fraccionar las proteínas y encontramos tres o cuatro de diferente peso molecular y que respondían al mismo anticuerpo. Aunque la compañía tiene patentado y está declarando que solamente se expresa una proteína, la proteína heteróloga, esto no es lo que sucede. La planta hace algo diferente con el transgén y no solamente lo traduce para producir una proteína, sino que se salta la secuencia de terminador y se sigue produciendo algo que se llama “proteínas de fusión”. Es decir, le pega una cola de proteína, pequeña pero suficiente para

² Metodología de muestreo y análisis para detección de secuencias transgénicas en tortillas de maíz en el D.F., Florencia Meza Escamilla, Facultad de Química, UNAM.

³ Proteínas heterólogas en soya: identificación y aislamiento. IBT Mirna Olivia González Martínez, Facultad de Química, UNAM.

que pudiéramos detectarla por el método de electroforesis preparativa, que nos permitió separarlas. Logramos encontrar que las proteínas, aunque son de diferentes tamaños, sí responden a los anticuerpos. Se trata de un resultado no esperado de la soya transgénica.

Ya había evidencias en ese sentido. Los transgenes se tienen que transcribir primero a producir mensajeros de ácido ribonucleico (ARN), y eso es lo que después se traduce para producir la proteína. Había evidencias del ARN de diferentes tamaños y aquí tenemos la evidencia de que las proteínas sí quedan en el producto final.

Lo que tenemos que hacer ahora es volver a usar estas proteínas, repetir los experimentos de alimentación de ratones, porque ya hay ciertas evidencias de irritación en las células acinares del páncreas, que son las que producen las enzimas digestivas.

Tenemos que pedirle a nuestro gobierno que las evaluaciones sean más claras, porque lo que hacen los desarrolladores es que toman el *cassette* transgénico, se lo insertan a una bacteria y hacen que se

sobreproduzca la proteína que se da de comer a los ratones para la evaluación.

En realidad nosotros comemos las proteínas que la planta está traduciendo, que está expresando, y esas proteínas pueden ser distintas de las esperadas, porque las plantas son seres superiores que sí pueden hacer algunos cambios en la traducción. Esta clase de evaluación, ya muy detallada, es lo que tiene que solicitar nuestro gobierno a los desarrolladores para hacer la evaluación de riesgos, porque no solamente debe visualizarse el riesgo para el medio ambiente, sino también el riesgo para los seres humanos, puesto que nosotros estamos consumiendo esas proteínas.

Las proteínas heterólogas se expresan en cantidades muy pequeñas, pero qué tan pequeña es la dosis que nosotros necesitaríamos estar consumiendo para tener una reacción alérgica o una reacción distinta como la mencionada anteriormente sobre las células acinares del páncreas. Y si estamos hablando de que ahora se van a producir biofármacos y vacunas a partir del maíz, estamos metidos en un problema porque el maíz es una planta de polinización abierta.

Certificación de semillas transgénicas

*Ing. Enriqueta Molina Macías**

Tras la revisión a profundidad de temas científicos ya efectuada por los ponentes, yo voy a referirme a algo más práctico: cómo se traduce todo esto en la vida real. Y es tan práctico que en realidad todavía no hemos certificado semillas puesto que apenas estamos en las fases experimentales. Pero describiré cuál va a ser el proceso para garantizar esta identidad.

Iniciaré explicando qué es el Servicio Nacional de Inspección y Certificación de Semillas (SNICS). Se trata de un órgano administrativo desconcentrado de la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (Sagarpa); fue creado en 1961, opera como órgano desconcentrado desde 1996 y tiene presencia en todo el país.

Los objetivos institucionales del SNICS son:

1. Garantizar la soberanía del patrimonio en recursos fitogenéticos para la alimentación y la agricultura.
2. Conseguir los derechos de obtentor, que es la facultad de conceder un derecho de propiedad intelectual para promover la innovación y el acceso a nuevas tecnologías en materia de variedades vegetales.
3. Promover que los agricultores tengan acceso a las mejores semillas y que cuenten con una garantía, con una certidumbre en cuanto a la información que poseen sobre la misma.
4. Asegurar condiciones para aprovechar variedades genéticamente modificadas en forma amigable con el ambiente.

El objetivo de la certificación de semillas, en primera instancia, es brindar una garantía al productor. Con esta tercería alguien le dice que tiene una garantía de calidad y no es solamente el vendedor el que declara la calidad de la semilla, sino que la Sagarpa, en este caso por medio del SNICS, ha dado todo un seguimiento, todo un proceso, desde el origen, prácticamente

desde que se genera una nueva variedad vegetal, y durante todo su proceso de producción, cosecha y almacenamiento, hasta que se vende esa semilla. Durante todo ese proceso el SNICS está presente.

Todo esto se realiza mediante procesos armonizados en el nivel internacional, conforme a reglas que establece la nueva Ley Federal de Producción, Certificación y Comercio de Semillas de 2007.

La calidad de la semilla incluye cuatro componentes fundamentales: calidad física, es decir, pureza, se trata de que le vendan al agricultor realmente semilla y no piedras, paja y otro tipo de cosas; calidad fisiológica, que está referida a la capacidad de propagación o germinación; calidad fitosanitaria, es decir, que no contenga plagas ni enfermedades que puedan diseminarse a través de la semilla; y calidad genética, que es la verificación de las características de las plantas elaborada conforme a estándares internacionales que nos permiten identificar una variedad.

Un ejemplo de las características que se describen es el color de los estigmas, en el caso de maíz, a fin de garantizar su identidad. Todas las características que se describen, son 70 características para el caso del maíz, tienen que detallarse perfectamente. Hay guías para cada una de las especies.

Es importante destacar que certificamos cualquier parte vegetal que tenga capacidad de propagación, no solamente las semillas en su sentido más estricto; pueden ser plantas, polen o cualquier otra parte de la planta que sirva para propagar la variedad.

¿Cómo sería el monitoreo? Si se trata de una semilla que corresponda a un organismo genéticamente modificado, requiere el permiso que establece la Ley de Bioseguridad de Organismos Genéticamente Modificados y un etiquetado específico, tanto el que está previsto en el artículo 102 de la Ley de Bioseguridad, como el que está previsto en el artículo 33 de la Ley de Semillas: tiene que cumplir con ambos requerimientos.

* Directora general del Servicio Nacional de Inspección y Certificación de Semillas (SNICS).

¿Qué pasa si se trata de una semilla convencional? Cuando tenemos semillas presuntamente convencionales tienen que cumplir con el requisito de etiquetado que exige el artículo 33 de la Ley de Semillas, y se les aplica un proceso de monitoreo, tanto en campo como en semilla. El de semilla lo realiza la Secretaría de Agricultura, mediante el Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria (Senasica) y el SNICS.

En el SNICS realizamos monitoreos permanentes como parte de la vigilancia en el comercio y para asegurar las características de calidad de la semilla.

De manera adicional, hay monitoreo en campo mediante la Red de Monitoreo que ya se mencionó en la presentación precedente.

Para concluir, si tenemos una semilla genéticamente modificada, debe cumplir con los dos marcos jurídicos: la Ley de Semillas, que establece una serie de requisitos y condiciones, particularmente para el comercio y para un etiquetado cuyo propósito es

ofrecer información clara al consumidor; y la Ley de Bioseguridad de Organismos Genéticamente Modificados.

La Ley de Bioseguridad estipula condiciones adicionales, en tanto que la Ley de Semillas establece requisitos específicos para la importación de semillas y para el establecimiento de un programa de producción de semillas como tal.

Finalmente debo precisar que mientras no se autorice una liberación al ambiente, no va a haber semillas certificadas de organismos genéticamente modificados.

Antes de la promulgación de la Ley de Bioseguridad de Organismos Genéticamente Modificados se tuvo producción de semillas genéticamente modificadas, particularmente de soya, en donde se tiene incorporado un marcador morfológico: la flor de la planta de soya modificada es de color distinto al de la convencional. De tal manera que sí es muy fácil determinar si hay un flujo de polen o de genes, considerando además que la soya es una planta autógama.

PANEL IV. ATENCIÓN DE
LAS NECESIDADES DE LOS
PRODUCTORES NACIONALES EN
MATERIA DE INGENIERÍA GENÉTICA
MAYO 12 D

Panel 4

ATENCIÓN A LAS NECESIDADES DE LOS PRODUCTORES NACIONALES
EN MATERIA DE INGENIERÍA GENÉTICA

La importancia de la investigación para el desarrollo productivo

Ing. Marco Antonio Galindo Olguín

La biodiversidad y la biotecnología para los productores de maíz: una necesidad impostergable

Ing. Carlos Salazar Arriaga

Necesidades de los productores agropecuarios

Lic. Max Correa Hernández

**Mecanismo de acción de las toxinas insecticidas producidas por la bacteria *Bacillus thuringiensis*
y su aplicación para la producción agropecuaria en México**

Dra. Alejandra Bravo de la Parra

El mejoramiento de la tolerancia al estrés hídrico

Dr. Gabriel Iturriaga de la Fuente

**El mejoramiento genético clásico de los principales cultivos de México y su futuro previsible después
de la liberación de organismos genéticamente modificados en el agroecosistema mexicano**

Dr. Alejandro Espinosa Calderón



Intervención del Dip. José Narro Céspedes; Ing. Carlos Salazar Arriaga, Lic. Alejandro Espinosa Calderón, Ing. Marco Antonio Galindo Olguín, Dra. Alejandra Bravo de la Parra, Dr. Gabriel Iturriaga de la Fuente.

La importancia de la investigación para el desarrollo productivo

Lic. Marco Antonio Galindo Olguín*

En primera instancia todos podemos reconocer que actualmente hay una tendencia bajista en los precios de los *commodities*; no obstante, si uno analiza las tendencias a mediano y largo plazos, se concluye que se esperan mayores niveles de precios que en el pasado, así como un entorno de mayor volatilidad y, por ende, de riesgo en las cotizaciones.

En la gráfica 1 puede apreciarse lo que ha pasado desde mediados de 2008 a la fecha, con los precios futuros del maíz amarillo, y son claros los niveles relativamente bajos que hay en este momento.

Igual sucede en el caso del trigo, aun con mayores altibajos que el maíz pero la tendencia también es en el mismo sentido (gráfica 2). En el arroz los niveles actuales son relativamente bajos en cuanto a los que

han prevalecido (gráfica 3). En la soya hay más o menos similar comportamiento al del arroz; y la harina de soya también presenta un nivel considerablemente bajo (gráficas 4 y 5).

Eso es lo que sucede en este momento. No obstante, si empieza uno a revisar los precios de indiferencia (gráfica 6) del producto ya puesto en México, tenemos que éstos, aun con las tendencias que ya vimos en los futuros, siguen estando relativamente altos –en lo cual ha influido el tipo de cambio–, pero definitivamente los precios son mayores que los que había en 2005-2006, antes de que empezara la crisis alimentaria.

En la gráfica 7 están los precios que actualmente proyecta el Departamento de Agricultura de los Estados

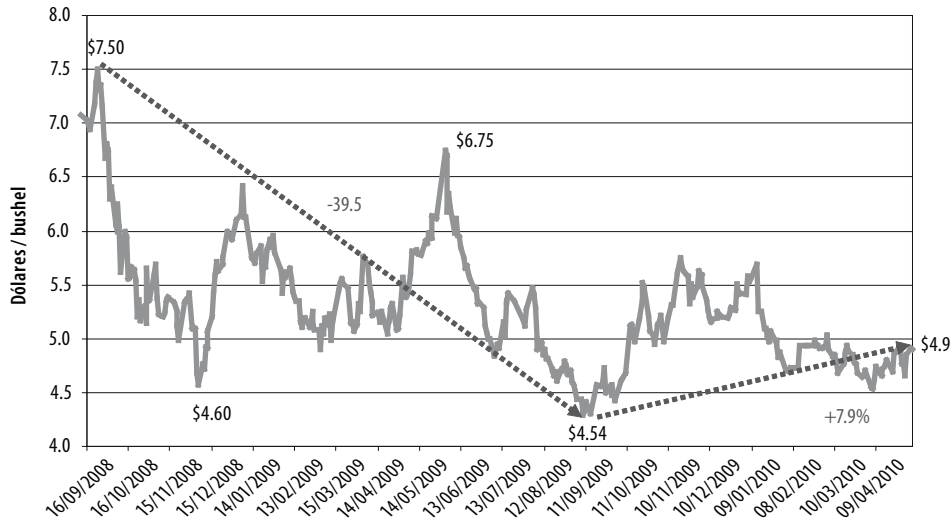
Gráfica 1. Precios futuros de maíz amarillo (2 de junio de 2008 a 4 de mayo de 2010)



Fuente: Bolsa de Valores de Chicago (CBOT); cotizaciones de contrato con fecha de entrega más cercana.

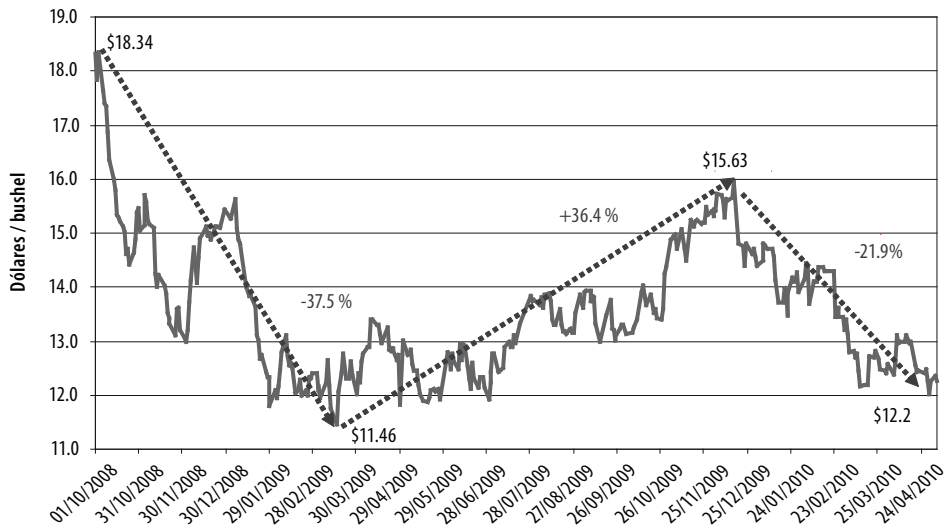
* Director de Estudios Económicos, Consejo Nacional Agropecuario (CNA).

Gráfica 2. Precios futuros de trigo (16 de septiembre de 2008 a 4 de mayo de 2010)



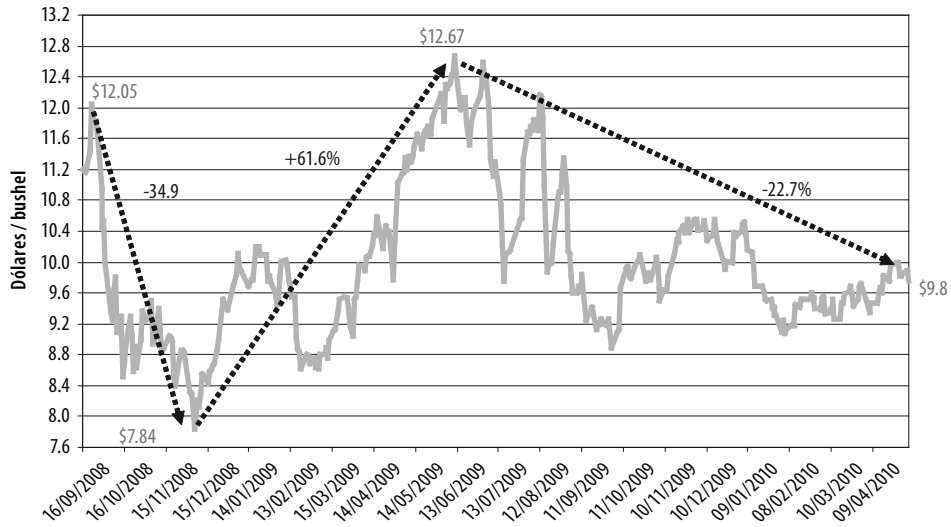
Fuente: Bolsa de Valores de Chicago (CBOT); cotizaciones de contrato con fecha de entrega más cercana.

Gráfica 3. Precios futuros de arroz (1° de octubre de 2008 a 4 de mayo de 2010)



Fuente: Bolsa de Valores de Chicago (CBOT); cotizaciones de contrato con fecha de entrega más cercana.

Gráfica 4. Precios futuros de soja (16 de septiembre de 2008 a 4 de mayo de 2010)



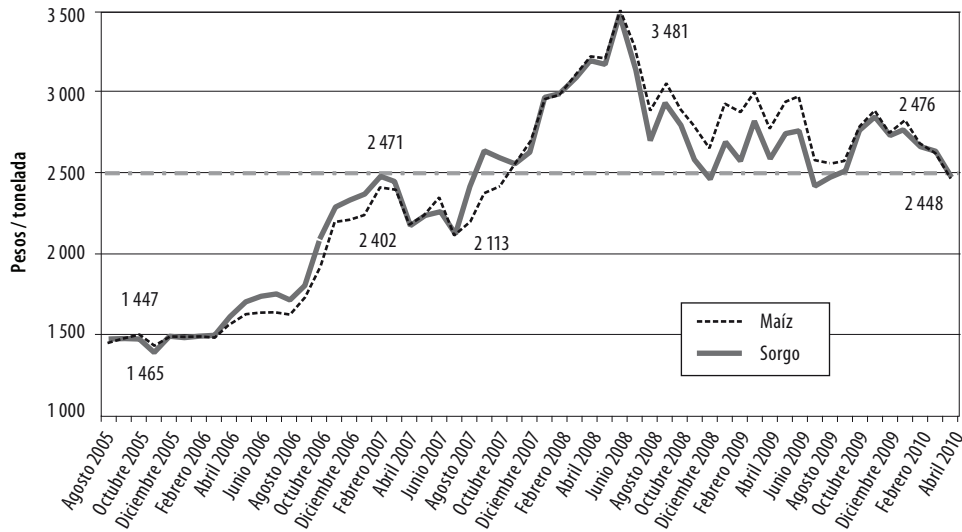
Fuente: Bolsa de Valores de Chicago (CBOT); cotizaciones de contrato con fecha de entrega más cercana.

Gráfica 5. Precios futuros de harina de soja (16 de septiembre de 2008 a 4 de mayo de 2010)



Fuente: Bolsa de Valores de Chicago (CBOT); cotizaciones de contrato con fecha de entrega más cercana.

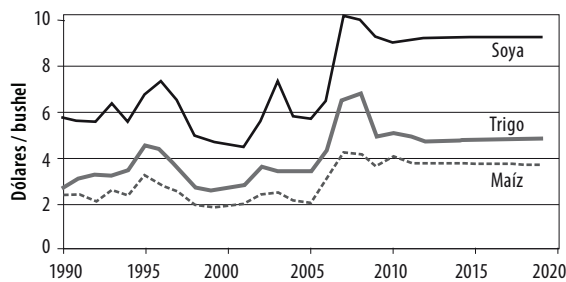
Gráfica 6. Precios de indiferencia en zona de consumo (PIZC) de maíz amarillo y sorgo (pesos/tonelada) (enero de 2007 a 26 de abril de 2010)



Fuente: Elaborado por el Consejo Nacional Agropecuario (CNA) con datos del Grupo Consultor de Mercados Agrícolas (GCMA).

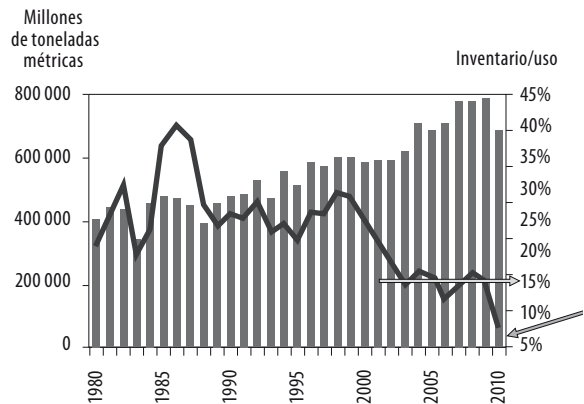
Precio promedio actualizado al 26 de abril de 2010; se considera el D.F. y las ciudades de Guadalajara, Puebla, Monterrey, Culiacán y Mérida.

Gráfica 7. Proyecciones del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos "Agricultural Outlook Forum" (18 y 19 de febrero de 2010)



Fuente: Departamento de Agricultura de los Estados Unidos.

Gráfica 8. Qué sucedería si las reservas globales se estabilizan, pero el nuevo equilibrio se hace más vulnerable a los cortes de producción



Fuente: JPMorgan Soft Commodity Strategy, Servicio de Agricultura Extranjera del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos.

Unidos hacia 2020, y claramente podemos ver cómo, en el caso del maíz, soya y trigo, apuntan a mayores niveles de precios.

En la gráfica 8, de JP Morgan, las barras marcan la producción mundial y la línea corresponde al índice entre los inventarios mundiales con relación a la utilización mundial. Podemos ver que, en un escenario en el que hubiera una reducción de 11 por ciento en la producción mundial, esta relación entre inventario y utilización de niveles actuales de 15 por ciento podría caer a niveles marginales de 5 por ciento.

Ese escenario podría parecer catastrófico, pero en la imagen inferior, ligada al cambio climático, se apunta a una reducción de 10 por ciento en la producción hacia 2030, con mayor incidencia en las regiones donde hay más hambre en el mundo.

En otro estudio del Centro de Investigación del Cambio Climático del Reino Unido, se establece que a consecuencia del cambio climático podría haber una

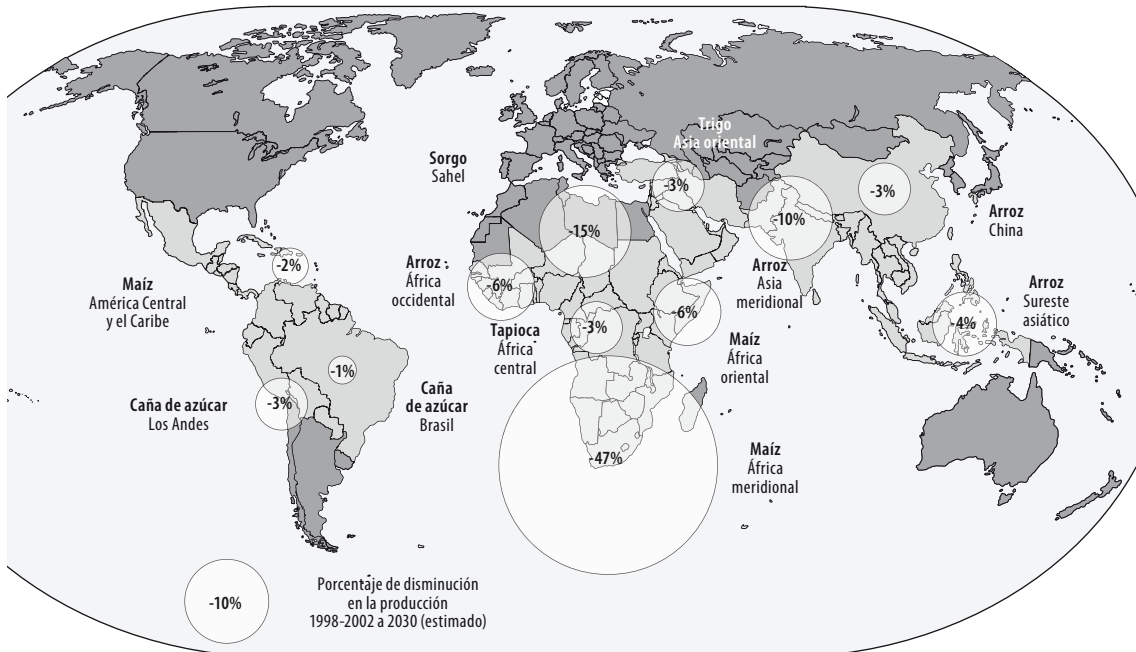
reducción en la productividad del maíz de alrededor de 10 por ciento.

Si contrastamos todo esto con la situación que enfrentamos como país, de un déficit importante en *commodities*, las proyecciones apuntan a que si no hacemos algo al respecto seguiremos siendo uno de los principales importadores mundiales de *commodities*.

Andamos ya en un consumo superior a 33 millones de toneladas de maíz, con una producción de poco más de 24 millones, lo cual nos lleva a importar más de nueve millones de toneladas. Esto en gran parte se debe al consumo pecuario de granos forrajeros, que ya es superior a los 20 millones de toneladas, principalmente de maíz amarillo, y de este maíz amarillo, a su vez, más de 90 por ciento se importa de los Estados Unidos. De esto, al menos 80 por ciento es genéticamente modificado.

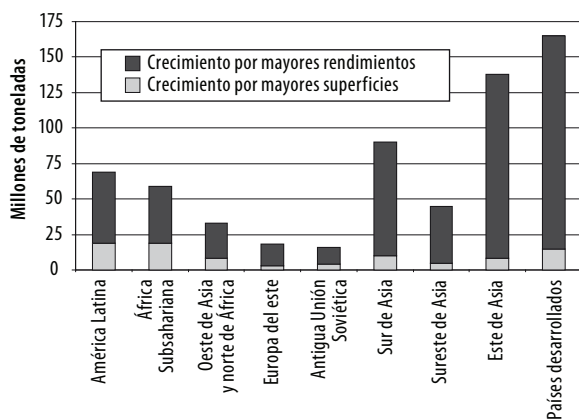
Por otro lado tenemos los comparativos de rendimientos de maíz amarillo en los Estados Unidos, que

Proyecciones para el peor de los casos para el cultivo prioritario en cada región de datos*



* En el presente estudio no se evaluaron las zonas color gris oscuro.
Fuente: Centro de Investigación del Cambio Climático del Reino Unido.

Gráfica 9. Contribución de mayor superficie y rendimiento en el incremento de la producción de granos, 1997-2020



Fuente: IFPRI, *Global Food Projections to 2020*, 2001.

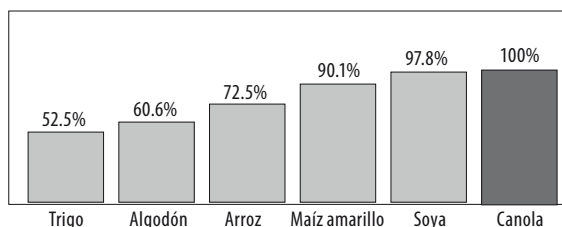
ya rebasan las 9.5 toneladas, mientras que en México, en el blanco andamos en 3.3 y en el amarillo en 4.5 toneladas (cuadro 1).

En algunos productos tenemos niveles de dependencia superiores a 50 por ciento, como en el caso del trigo, hasta casos de 100 por ciento, como son las oleaginosas (gráfica 10).

De acuerdo con las proyecciones que cada año está actualizando el Departamento de Agricultura de los Estados Unidos, actualmente México participa con 9.5 por ciento de las compras mundiales de maíz y apunta a que este porcentaje se podría elevar a 11.4 por ciento para el ciclo 2019-2020; y en el caso del sorgo, de 37 por ciento a 52 por ciento (gráfica 11).

Si esto lo relacionamos con la volatilidad, indudablemente México enfrenta una situación de alta vulnera-

Gráfica 10. Productos del campo en los que México depende altamente del extranjero (volumen consumido/importación)



Fuente: Sagarpa.

bilidad en el sentido de que continúa dependiendo más de las importaciones.

Respecto a los organismos genéticamente modificados, hay un gran dinamismo en el ámbito mundial y sus perspectivas son muy favorables. Los reportes no nos dejan mentir. En la gráfica 12 podemos ver lo que ha pasado de 1996 a 2009. La superficie con cultivos biotecnológicos se ha multiplicado en 80 veces y curiosamente el mayor dinamismo lo tienen los países en desarrollo y no precisamente las naciones desarrolladas.

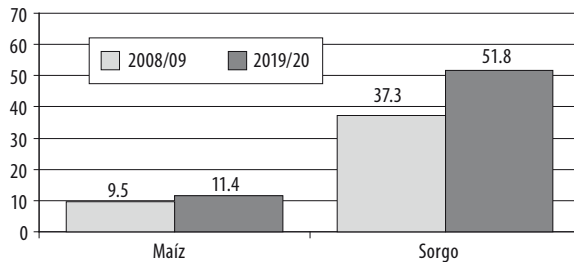
La gráfica 13 muestra algunos ejemplos de la tasa de adopción que ha habido en los cultivos biotecnológicos. En la soya, de la superficie mundial de cultivo, 77 por ciento es genéticamente modificado; en algodón, prácticamente 50 por ciento; en maíz, ya andamos en poco más de una cuarta parte; en canola, 21 por ciento.

En esta evolución de los organismos genéticamente modificados ya hay mucha información que demuestra las bondades que han tenido. Lo más reciente es

Cuadro 1. Producción y consumo nacional de maíz en México (2008)

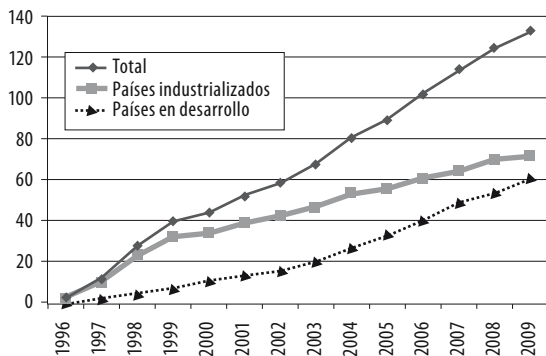
Producto	Superficie sembrada (miles de ha)	Superficie cosechada (miles de ha)	Producción (miles de t/ha)	Rendimiento (t/ha)	Import. (miles de t)	Consumo (miles de t)
Blanco	7 520	6 952	22 719	3.3	479	23 198
Amarillo	371	350	1 574	4.5	8 612	10 186
Total	7 891	7 302	24 293		9 091	33 384

Gráfica 11. Participación de México en las compras mundiales de granos forrajeros (porcentaje)



Fuente: Departamento de Agricultura de los Estados Unidos.

Gráfica 12. Superficie global de cultivos biotecnológicos de 1996 a 2009, países industrializados y en desarrollo (millones de hectáreas)

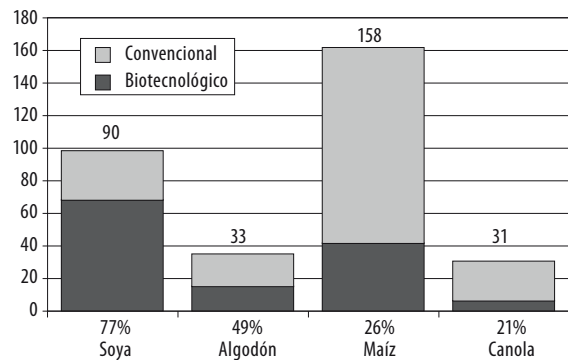


Fuente: ISAAA, 2009, www.isaaa.org.

un estudio elaborado por la consultora Celeres, que cubrió el periodo de 1996-1997 a 2008-2009, en Brasil y tuvo como objetivo analizar los beneficios económicos de estos organismos por un lado, y, por otro, los sociales y ambientales.

En Brasil, los beneficios económicos de la agricultura biotecnológica son de 3 600 millones de dólares por cultivos, de los cuales, 78 por ciento corresponden a soya, 18 por ciento a maíz y 4 por ciento a algodón. Por tipo de beneficio, 81 por ciento del beneficio total corresponde a los productores; 63 por ciento está ligado a menores costos, y 18 por ciento, a mayores rendimientos. Obviamente también la industria debe

Gráfica 13. Tasas de adopción mundial: porcentaje por principales cultivos biotecnológicos (millones de hectáreas, 2009)



Fuente: ISAAA, 2009, www.isaaa.org.

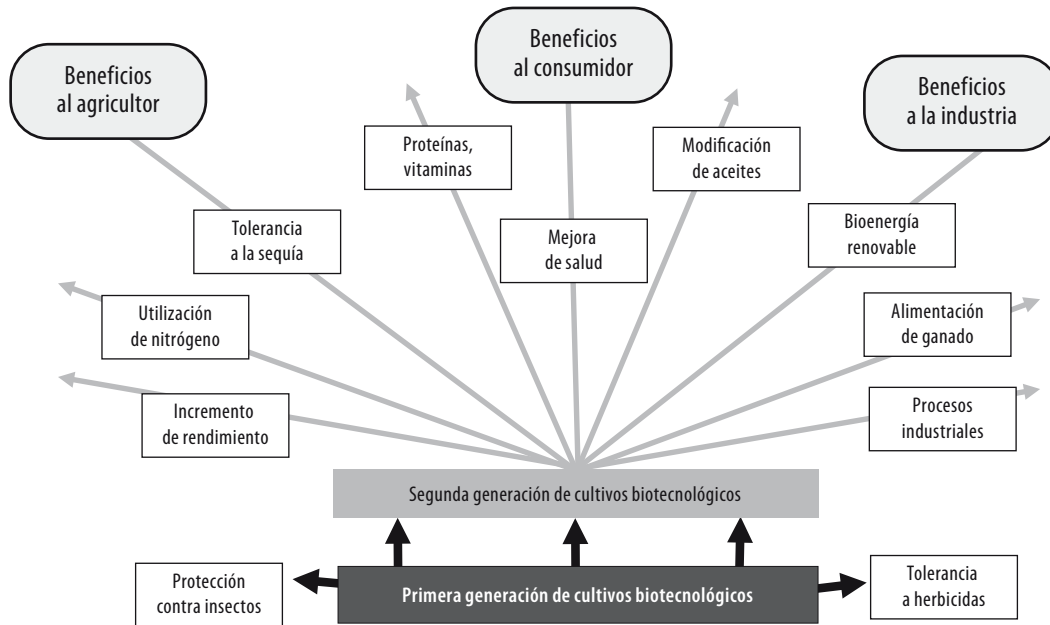
tener un beneficio de esto, que en este caso es de 19 por ciento.

Cifras concretas para ejemplificar estos beneficios:

- ✦ Ahorro de 12 600 millones de litros de agua, que implicaría la atención de este insumo para 287 mil personas.
- ✦ 270 mil toneladas de dióxido de carbono que no se liberaron al ambiente, equivalente a la preservación de dos millones de árboles.
- ✦ Ahorro de 105 millones de litros de diésel, que implicaría sacar de circulación 44 mil vehículos.
- ✦ En el tema de agroquímicos, 7 000 toneladas que no se liberaron al medio ambiente.

Indudablemente que esto va a continuar, pues llegó para quedarse. En el diagrama de la página siguiente se ejemplifican los beneficios de los productos biotecnológicos. Hace años se inició la primera generación de cultivos enfocados a tolerancia a herbicidas y protección contra insectos. Ahora ya estamos en una segunda generación, al menos, con toda una serie de beneficios, tanto para el productor como para el consumidor y la propia industria. Al productor, en el incremento de rendimiento, en la utilización de nitrógeno y la tolerancia a la sequía; para el consumidor, mejora su salud en cuanto a proteínas, vitaminas, al contenido de los productos y el tipo de aceites; y en el caso de la

Los productos biotecnológicos continuarán generando beneficios en la próxima década



industria, por la bioenergía, la alimentación de ganado y los procesos industriales.

¿Qué sucede en México? Lo primero es reconocer que, en general, en materia de investigación estamos muy rezagados. En el cuadro 2 se aprecian los indicadores del Banco Mundial para 2009. En la primera columna está el número de investigadores por millón de personas y en la segunda columna el gasto como porcentaje del producto interno bruto (PIB). Aquí combiné ejemplos de países desarrollados con países en vías de desarrollo y podemos ver cómo en los países desarrollados el número de investigadores llega a los tres mil, cuatro mil, cinco mil, por millón de personas, mientras que en México no llegamos ni a los 500.

En cuanto al gasto en ciencia y tecnología como porcentaje del PIB, también hay cifras superiores a 3 por ciento en países desarrollados, mientras que en México andamos en 0.5 por ciento.

¿Cómo estamos en materia de los cultivos biotecnológicos? Décimo quinto lugar mundial; quinto en América Latina. No obstante, de 2008 a 2009 caímos

del lugar 13 al 15 y lo que tenemos es muy limitado y ha estado básicamente en algodón y soya.

En un estudio que hizo el Instituto Mexicano para la Competitividad, propone siete soluciones para aumentar la competitividad del campo mexicano; la tercera, ligada al tema de la biotecnología. En la siguiente página se ilustran los municipios más competitivos en el campo donde se hizo ese estudio y donde se demostró que podría haber una caída en costo de al menos 16 por ciento y un incremento en producción de 13 por ciento.

Para avanzar en materia de seguridad alimentaria, necesitamos aumentar la productividad por hectárea, y en este sentido estamos convencidos de que la biotecnología puede generar incrementos en rendimiento desde el momento de su adopción, equivalente a 10 años en el caso del mejoramiento convencional.

Respecto a lo que tenemos que hacer, el gran tema es la certidumbre en la política sectorial, y dentro de esto, indudablemente, el papel de la innovación es muy importante.

**Cuadro 2. Estatus en ciencia y tecnología 2000-2006
(millones de personas)**

País	Investigadores (Por millón de personas)	Gasto como % del PIB
Japón	5 546	3.40
Dinamarca	5 277	2.44
Estados Unidos	4 651	2.61
Nueva Zelanda	4 207	1.17
Corea del Sur	4 162	3.23
Australia	4 053	1.78
Canadá	3 922	1.97
Alemania	3 386	2.52
Francia	3 353	2.12
Rusia	3 255	1.08
España	2 639	1.21
Estonia	2 622	1.15
Holanda	2 524	1.69
China	926	1.42
Chile	833	0.67
México	464	0.50
Brasil	461	0.82

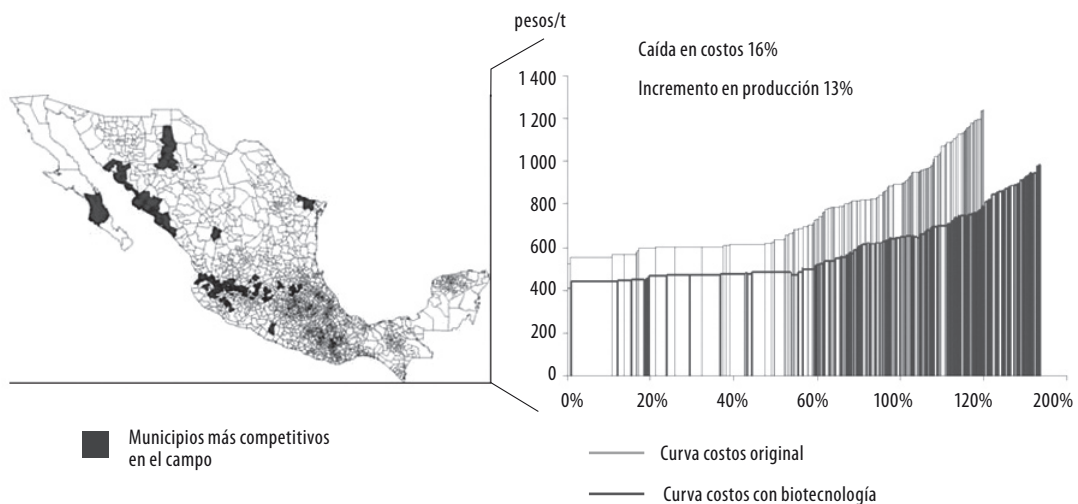
Fuente: Banco Mundial, *World Development Indicators 2009*.

Mientras no contemos con una visión de mediano y largo plazos, no vamos a poder seguir avanzando como país, y esto implica contar con presupuestos de apoyo multianuales, como los tienen los Estados Unidos con el Farm Bill, la Unión Europea con la Política Agrícola Común; debemos promover el ejercicio oportuno y pleno de los recursos de apoyo; y, por último, diferenciar los recursos para apoyo entre fines asistenciales y fomento productivo.

En materia de innovación, esto no sólo es sobre organismos genéticamente modificados: en primera instancia, el tema de producción de semillas híbridas y, en general, paquetes tecnológicos que ayuden a incrementar la producción; asimismo, es preciso avanzar en la adopción de la biotecnología en los diversos cultivos, además de algodón, soya y maíz, que nos permita tener beneficios económicos, sociales y ambientales; y continuar trabajando de manera coordinada entre productores, industria y autoridades para la aplicación de organismos genéticamente modificados en este momento, en específico en lo que tiene que ver con permisos de siembra experimental, que posteriormente será comercial.

También se debe fortalecer la infraestructura y los recursos humanos dedicados a la innovación agropecuaria; y continuar con la definición de campos

Municipios más competitivos en la producción de maíz



Fuente: Instituto Mexicano para la Competitividad, A.C.

experimentales y con la optimización de unidades administrativas del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP).

Por último, resulta necesario prever que en el periodo de 2010 a 2014, 42 por ciento de los investigadores

del INIFAP estarán en condiciones de retirarse. Actualmente se contrató a 300 personas, pero suplirán a 250 que ya se retiraron. El gran tema es que aquí estamos hablando de más de 40 por ciento del personal que próximamente se va a retirar. Tenemos ya una planta de investigadores envejecida, que debe ser reforzada.

La biodiversidad y la biotecnología para los productores de maíz: una necesidad impostergable

Ing. Carlos Salazar Arriaga*

Empecé con este título, “La biodiversidad y la biotecnología para los productores de maíz: una necesidad impostergable”, porque parte de la premisa es que no son cuestiones antagónicas ni excluyentes, sino que las dos son necesarias para la producción de maíz en México.

El maíz es el grano más importante del mundo por su versatilidad como materia prima en diversas cadenas productivas tradicionales y en la generación de nuevos productos. La Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO, por sus siglas en inglés) en el periodo 1996-2006 estimó un promedio mundial de producción anual de 630.3 millones de toneladas de maíz y esto lo hace el principal grano del mundo, por encima del trigo y del arroz.

En los últimos 11 años el maíz es el único cultivo en el mundo que ha registrado un ritmo positivo de crecimiento promedio en producción anual de 0.83 por ciento; casi todos los demás tienen disminución de su crecimiento. Hay cuatro grandes exportadores: los Estados Unidos, Argentina, Francia y China, pero los Estados Unidos exportan casi 80 por ciento de lo que hay en el mercado de exportación. A su vez, hay cuatro grandes importadores: Japón, Corea, Taiwán y México.

México es el principal productor de maíz blanco en el mundo (contamos con 60 razas), pero lo que importa es particularmente maíz amarillo para consumo pecuario y la industria almidonera. Sin embargo, algo muy importante es que el consumo mundial de granos ha crecido más rápido que la producción en el periodo 2000-2007 y eso ha provocado una disminución de los inventarios mundiales, lo que causa una volatilidad en los precios que es preocupante, pero que también puede provocar, a corto plazo, crecimiento de los precios.

En México 80 por ciento de los productores de maíz sembramos criollos; sólo 20 por ciento siembra semillas mejoradas, principalmente de buen temporal y riego. En 70 por ciento de la superficie de temporal de los 10 principales cultivos, se siembra maíz. Esto quiere decir que el maíz es un cultivo particularmente adaptable a condiciones de sequía.

Las principales pérdidas de cosecha están relacionadas con sequías, enfermedades, hongos, plagas, granizadas, viento –es un problema generalizado, sobre todo en zonas de temporal–, inundaciones y plagas en granos almacenados. En el campo perdemos casi 20 por ciento de la producción que puede cosecharse, y en almacenamiento casi 50 por ciento.

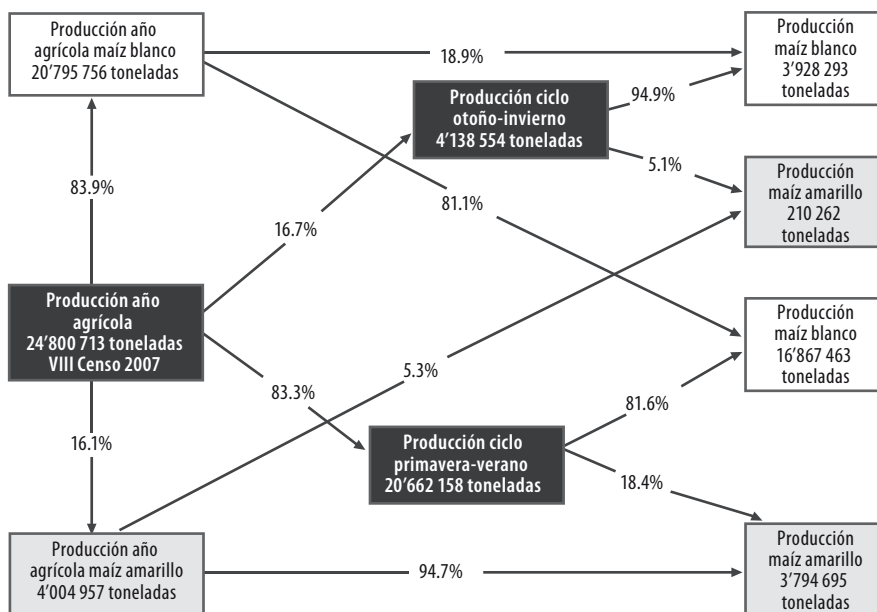
Comparando el primer trimestre de 2010 con el primer trimestre de 2009, el crecimiento de las importaciones es muy alarmante: 22.6 por ciento, y 80 por ciento de ese maíz es transgénico. Las importaciones de trigo, soya (100 por ciento transgénica) y sorgo aumentaron 11.42 por ciento, y las de arroz pulido, 100 por ciento. Con esta tendencia, en 2020 México tendrá la necesidad de importar 80 por ciento de los granos que consume, si es que hay inventarios mundiales. Esto significa, en términos concretos, que estamos perdiendo soberanía y seguridad alimentaria, o sea que necesitamos urgentemente un programa de alta productividad y poner en el mercado productos mexicanos.

El siguiente esquema es resultado de los censos agrícolas de la producción de maíz. Durante otoño-invierno producimos, más o menos, 4 millones 136 mil toneladas, pero en primavera-verano, cerca de 20 millones y medio de toneladas, de las cuales, casi 80 por ciento son de maíz blanco.

Hay un desorden en la oferta de producción. Eso es lo que comentaba el ingeniero Galindo. Tenemos una disminución de precios (gráfica 1), aunque son disminuciones mucho menores que en la curva de altos precios que tuvimos en 2007-2009, pero la característica es de una volatilidad de precios que no nos permite planear la producción adecuadamente.

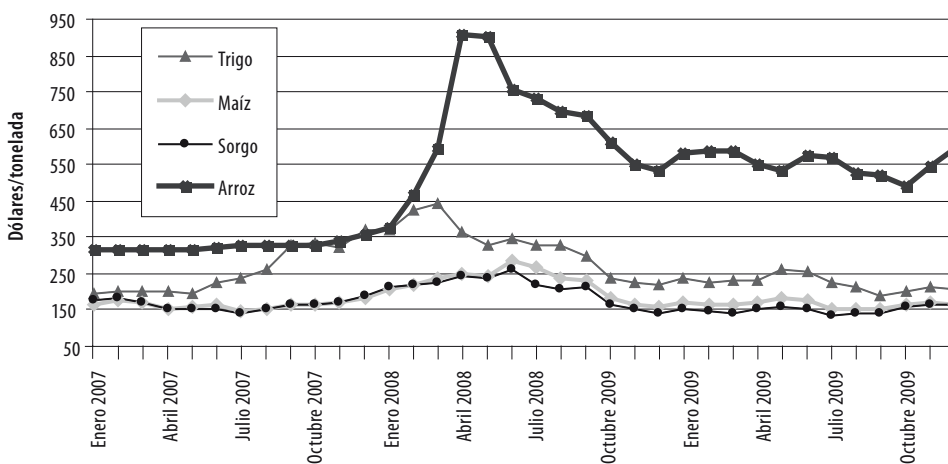
* Secretario general de la Confederación Nacional de Productores Agrícolas de Maíz de México (CNPAMM).

Producción de maíz blanco y amarillo por ciclo agrícola



Fuente: VIII Censo Agropecuario y Forestal, 2007.

Gráfica 1. Evolución de los precios mundiales de granos básicos (promedios mensuales de enero de 2007 a diciembre de 2009)



Fuente: World Bank, Commodity Price Data.

Trigo: Estados Unidos, núm. 2, rojo suave de invierno, precio de exportación con entrega inmediata o a 30 días, en puertos del Golfo.

Maíz: Estados Unidos, núm. 2, amarillo, F.O.B. (libre a bordo), en puertos del Golfo.

Sorgo: Estados Unidos, núm. 2, amarillo, F.O.B. (libre a bordo), en puertos del Golfo.

Arroz: 5% quebrados, arroz blanco (Wr), pulido, precio indicativo basado en encuestas semanales de las transacciones de exportación, estándares gubernamentales, F.O.B. (libre a bordo), Bangkok.

Comparación de precios históricos de los elementos básicos para la producción de maíz

Concepto/año	Unidad	1994	2003	2008	2010	1994-2010 (%)
Semilla*	bulto	520.00	800.00	1 250.00	1 800.00	346.15
Urea ¹	tonelada	850.00	3 050.00	8 530.00	5 040.00	592.94
DAP ¹ (fertilizante)	tonelada	950.00	3 060.00	12 500.00	5 080.00	534.74
Glifosato (herbicida) ¹	litro	80.00	110.00	150.00	150.00	187.50
Clorpirifos (insecticida) ¹	litro	75.00	127.00	175.00	200.00	266.67
Diésel ²	litro	1.04	5.01	6.35	8.32	800.00
Gasolina ²	litro	1.35	6.04	7.72	7.96	589.63
Salario mínimo ³	jornal	15.27	43.65	52.59	57.46	376.29
Tractor 90 hp tracción sencilla ⁴	pieza	232 060.00	283 000.00	360 000.00	385 000.00	165.91
Trilladora autopropulsada de 300 hp cabezal maíz 6 surcos y cabezal granos finos 20 pies ⁴	pieza	1'928 649.00	2'352 000.00	2'960 000.00	3'386 500.00	175.59

Elaborado por CNPAMM.

Fuentes de información:

* Comunicación directa con distribuidores de Asgrow.

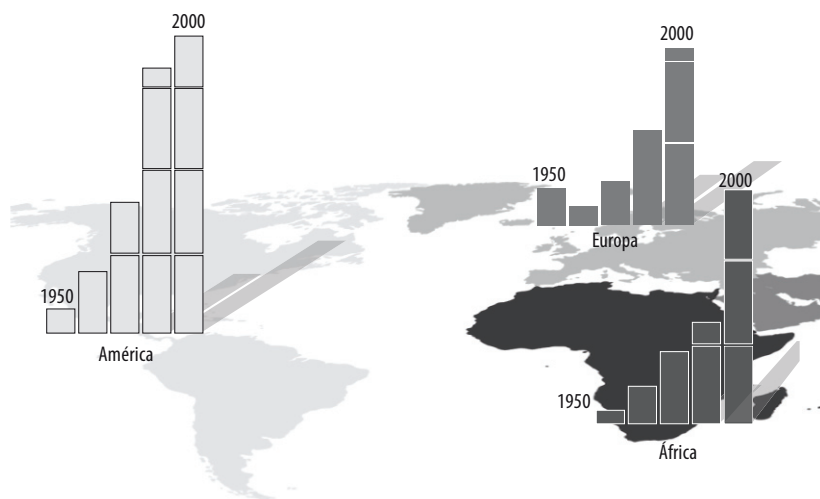
¹ Secretaría de Economía, Sistema Nacional de Información e Integración de Mercados.

² Informes anuales de Pemex.

³ Secretaría del Trabajo, "Salarios mínimos".

⁴ Comunicación directa con distribuidores.

Aumento en la frecuencia de inundaciones



Fuente: Millenium Ecosystem Assessment.

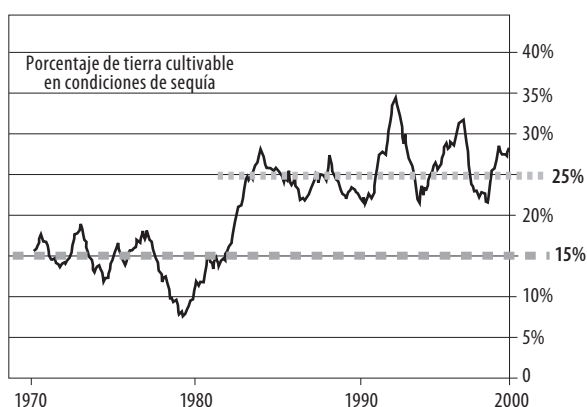
Es impresionante lo que estamos viviendo en costos de producción (cuadro). En combustibles, donde el Estado no ha hecho absolutamente nada en los últimos años, sino contrariamente, ha aumentado en 800

por ciento en el periodo de la apertura comercial y en todos los otros por arriba de 300 por ciento, excepto en maquinaria, que es el que menos incremento de los costos ha tenido –esto es un dato recabado

por nuestra organización-, pero el ingreso-objetivo ha aumentado solamente 27 por ciento entre 2002 y 2009, cuando el promedio de los costos ha aumentado por encima de 400 por ciento.

La frecuencia de inundaciones en el mundo ha aumentado. Tenemos problemas de inestabilidad en la oferta durante los aproximadamente 200 días de producción de maíz.

Gráfica 2. Despegue global de la sequía



Fuente: Burke *et al.*, 2006. DOI: 10.1175/JHM544.1

Gebisa Ejeta, Premio Mundial de Alimentos 2009 y profesor ilustre de Agronomía de la Universidad Purdue (Francia), dice:

Se podría estar entendiendo que la agricultura tendrá que adaptarse al cambio climático, pero no significa que lo hará por sí sola [...] No debe darse por sentado que los cultivos se adaptarán a condiciones sin precedentes. Requiere una investigación rigurosa, trabajo a conciencia y el compromiso serio de la financiación pública. Debe pasar a ser una prioridad urgente por el bien de miles de millones de personas cuyo futuro depende de ello.

El porcentaje de superficie de tierra afectada por sequía ha aumentado 20 por ciento en tres décadas. En 2009 nosotros tuvimos un escenario dramático donde perdimos cerca de medio millón de hectáreas de maíz por sequía, esto representó alrededor de 400 mil toneladas.

¿Cuáles son los escenarios para 2040?

- ✦ Se incrementará la población en 42 por ciento: pasaremos de 6 300 millones a 9 mil millones de habitantes, que tenemos que alimentar.
- ✦ El sector maicero tiene que atender al sector agroalimentario, al industrial y al de energéticos, que ya está demandando también el uso del grano.
- ✦ Hay una disminución de la frontera agrícola, o sea, tenemos menos tierra a futuro, está siendo invadida por la mancha urbana y por pérdidas debidas a erosión y otros factores.
- ✦ El agua de riego es menor. Hoy tenemos un conflicto con la cuenca del río Lerma –lo saben los diputados–, hay una disputa tremenda por el agua.
- ✦ Tenemos mayores costos de los energéticos tradicionales: diésel, gasolina, gas, lo que incrementa impresionantemente los costos para la agricultura.
- ✦ El cambio climático y el reacomodo de zonas de producción agrícola son factores por sortear: donde antes no llovía, ahora llueve; y donde antes llovía mucho, ahora no llueve.
- ✦ Hay riesgo de perder diversidad, principalmente en maíz, por la emigración, pues la gente no tiene una parcela rentable y abandona la tierra; el cambio climático y la pobreza extrema los llevan a eso.

¿Cuáles son los retos que tenemos?

- ✦ Incrementar el rendimiento y la producción de esta fecha a 2040 en 70 por ciento, no solamente de maíz sino de todos los cultivos.
- ✦ Especializar la producción de maíz y ordenar la oferta de maíz blanco y maíz amarillo, entre otros maíces específicos.
- ✦ Hacer más con menos, o sea, incrementar la productividad y la eficiencia; cada gota de agua, cada gota de combustible, cada semilla, todos los factores de la producción tienen que usarse eficientemente, para tener una oferta suficiente de acuerdo con las necesidades alimentarias por afrontar.
- ✦ Atender el cambio tecnológico para estar en el mercado.
- ✦ Monitorear las movilizaciones de los recursos e inversiones en innovación e investigación es fundamental. México está atrasadísimo en este aspecto.

- ✦ Conservar recursos genéticos y lograr la apropiación del mercado de germoplasma por parte de organizaciones de productores.

Necesidades de los productores de maíz en cuanto a biodiversidad y biotecnología

En biodiversidad nosotros solicitamos al Congreso:

- ✦ Que el Estado mexicano institucionalice el proyecto integral, Proyecto Maestro de Maíces Mexicanos;
- ✦ Consolidar el banco de germoplasma de los cultivos de maíz, desarrollando la propiedad social de estos maíces para los productores organizados;
- ✦ Que los investigadores y los científicos se vinculen con auténticos productores de maíz en la conservación de su material genético, no con organizaciones transnacionales como Greenpeace o Científicos Comprometidos, que no sabemos con cuál sociedad se han comprometido, porque a nosotros no se han acercado;
- ✦ Que en el desarrollo de nuevas variedades e híbridos se paguen regalías a los propietarios del germoplasma original que son los custodios;
- ✦ Que se institucionalice un mercado ambiental donde las empresas e investigadores paguen bonos de conservación a los productores o a las organizaciones de productores;
- ✦ Y que por cada tonelada de maíz transgénico importado –esto es para los diputados– se cobre un dólar y que éste sea destinado a la conservación de maíces mexicanos.

En la cuestión biotecnológica:

- ✦ Fortalecer la experimentación en organismos genéticamente modificados de acuerdo con la Ley, pues ya no es ilegal sembrar transgénicos, es completamente legal y hay un marco regulatorio suficiente;
- ✦ Atender las necesidades de los productores generando productos resistentes a sequías, lepidópteros, aflatoxinas, bomitoxinas, heladas, hongos, enfermedades y herbicidas;

- ✦ Institucionalizar un programa de largo plazo en biotecnología para incrementar rendimientos y reducir pérdidas y costos en la producción;
- ✦ Generar un programa de investigación y desarrollo de organismos genéticamente modificados en universidades públicas;
- ✦ Desarrollar materiales especializados para la industria, principalmente textil, almidonera, alimentaria, del plástico, del cartón y para la producción de biocombustible.

Recomendaciones al Poder Legislativo

- 1ª. Permitir la implementación de la Ley de Bioseguridad de Organismos Genéticamente Modificados en los términos en que está aprobada, porque ya surgen modificaciones de algo que no hemos implementado. Entonces es ridículo, no podemos estar jugando con las leyes.
- 2ª. Dar seguimiento puntual a la experimentación que se realiza con maíz transgénico y solicitar informes precisos de la evaluación de los científicos e instituciones que la efectúen.
- 3ª. Solicitar la comparecencia de los secretarios de Estado que están implementando programas de protección, conservación y monitoreo de la biodiversidad de maíz y evaluar sus acciones en conjunto con la sociedad rural involucrada: los productores, los científicos, los técnicos.
- 4ª. Solicitar al Ejecutivo, por parte de los legisladores, un informe detallado de las medidas fitosanitarias y de inocuidad que implementa en la franja transfronteriza para impedir el acceso de materias primas y alimentos contaminados, así como la situación actual de las medidas exigidas en el Protocolo de Cartagena, del cual México es signatario.
- 5ª. Permitir el acceso y uso en México de nuevas técnicas, como la biotecnología, para atender las urgencias que en seguridad alimentaria y suficiencia de alimentos nos exige el futuro inmediato, sin dejarse influir por el oscurantismo de científicos que han sido rebasados por la nueva “revolución verde”.

Necesidades de los productores agropecuarios

Lic. Max Correa Hernández*

Durante miles de años, los campesinos mexicanos han efectuado un mejoramiento empírico del maíz por medio de un proceso elemental de selección de las plantas más satisfactorias, de acuerdo con las diferentes regiones maiceras, y los usos a los que se destina el grano.

Esta selección ha dado lugar a alrededor de 60 razas distintas conocidas con el nombre de maíces criollos o nativos, con características estables, lo que ha constituido una valiosa aportación de los campesinos mexicanos en provecho de toda la humanidad.

México es un centro de origen y diversidad del maíz, y el grano está íntimamente ligado a la cultura mexicana. En nuestro país, el maíz se creó a partir de la domesticación del teocintle y, en todo el territorio nacional el grano conserva una enorme diversidad genética.

En cuanto al maíz transgénico, éste tiene que ser ubicado, al igual que el resto de los organismos genéticamente modificados, en el contexto de la memoria cultural, la historia política reciente, el neoliberalismo y el Tratado de Libre Comercio de América del Norte, los problemas de los campesinos, la defensa de la soberanía alimentaria y la conservación de la enorme diversidad genética de este grano en todo el territorio nacional.

El maíz transgénico es la creación de una variedad que no existe en la naturaleza. A partir de la introducción de ciertos genes –en ocasiones incluso violentando la división entre el reino animal y vegetal, de otras plantas o insectos– en los genes del maíz, se produce esta variedad artificial nueva, con características que la hacen resistente a ciertas plagas creadas por las mismas empresas que producen estas semillas.

Los efectos para el consumo humano pueden ser nocivos: alergias, resistencia a antibióticos y otros aún desconocidos o no divulgados. Es importante

decir que son pocos los estudios sobre la inocuidad del consumo de maíz transgénico en humanos, pero vale citar el estudio referido por Carmelo Ruiz, “¿Son seguros los transgénicos?”, sobre un artículo publicado en el diario inglés *The Independent*, el 22 de mayo de 2005, que informó de un reporte secreto de Monsanto, sobre su variedad de maíz transgénico MON863, que refiere los resultados sobre ratas alimentadas durante 13 semanas con ese maíz, las cuales mostraron síntomas de anemia, envenenamiento, cáncer, diabetes, necrosis en hígado e hipertensión.

Es decir, es importante darle seguimiento a los impactos que pueden tener estas variedades en el ser humano. Los transgénicos causan también la muerte indeseable de ciertos insectos u otras especies y la contaminación por polinización en especies nativas.

Estas variedades artificiales, los transgénicos, convierten a los agricultores en verdaderos esclavos dependientes de los paquetes tecnológicos que diseñan las empresas biotecnológicas. Resulta evidente que quienes defienden el uso extendido de los transgénicos y su comercio sin restricciones, responden a intereses de un modelo de agricultura creado en los Estados Unidos y Canadá.

Estudios de los investigadores del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) e informes del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA, por sus siglas en inglés) sostienen que para los agricultores, hacia el año 2003, la introducción del maíz transgénico representó un gasto mayor de agroquímicos, con ínfimos incrementos en rendimiento, de 0.6 por ciento en cinco años, en comparación con la siembra de maíz convencional.

Para un campesino, la semilla representa 60 por ciento del éxito o fracaso en su parcela, es el insumo principal. En ese sentido, la producción de semillas es un negocio multimillonario, lo que nos lleva a preguntarnos, ¿por qué en su momento desapareció la

* Consejo Nacional de Organismos Rurales y Pesqueros (Conorpp).

Productora Nacional de Semillas (Pronase)?, o ¿quién o quiénes se favorecen con la introducción de semillas transgénicas de maíz? Todas estas cuestiones constituyen ineludiblemente el debate sobre los efectos de la presencia de transgenes en las razas locales del maíz mexicano.

En este contexto es importante hacer referencia a algunas consideraciones sobre el flujo genético entre variedades tradicionales y modernas. Los transgenes se han introducido en algunas variedades tradicionales de maíz en México –lo cual ha sido confirmado mediante investigaciones científicas auspiciadas por el Gobierno federal– por medio de importaciones de maíz transgénico vivo desde los Estados Unidos. Una vez presentes en cierta región del país, los transgenes se incorporan en las variedades locales.

Con base en la proporción de maíz transgénico que se cultiva en los Estados Unidos, se calcula que las importaciones mexicanas de maíz provenientes del vecino del norte son transgénicas en una proporción aproximada de entre 25 y 30 por ciento.

En los Estados Unidos no se etiqueta ni se separa el maíz transgénico, sino que éste se mezcla con el grano no transgénico.

Conforme a las consideraciones antes expuestas, la Central Campesina Cardenista y el Consejo de Organismos Rurales y Pesqueros hemos formulado algunos pronunciamientos en torno a este tema:

- 1º. Los campesinos consideramos a los maíces nativos o criollos como patrimonio genético de todos los mexicanos, por lo que nos oponemos al cultivo de transgénicos, los cuales ponen en peligro de extinción las razas de maíz nacional. El Gobierno federal debe formular y ejecutar las acciones necesarias para conservar la diversidad genética del maíz mexicano en todo el territorio nacional.
- 2º. Consideramos que a partir de 2011, los programas y presupuestos de desarrollo rural deberán incluir los recursos necesarios para apoyar a los productores rurales en la protección y conservación de la biodiversidad única de las razas locales de maíz mexicano, destinando una partida presupuestal para un programa de formación de empresas

campesinas de semillas mejoradas que desarrollen un mercado y esquema de abasto alternativo de semillas nativas, mejoradas e híbridas.

- 3º. Acorde con el punto anterior, el H. Congreso de la Unión, así como los gobiernos federal y de los estados, deberán impulsar la formación de bancos de semillas comunitarios, así como programas de capacitación y extensión para los productores.

Un aspecto fundamental que debe recibir todo el apoyo gubernamental es el relativo al registro y certificación de conocimientos tradicionales y locales para la conservación *in situ* de la biodiversidad del maíz criollo.

- 4º. Consideramos que los gobiernos federal y de los estados, así como las organizaciones de productores debemos promover el uso mayor de variedades mejoradas e híbridos desarrollados en centros de investigación públicos, como el INIFAP, la Universidad Autónoma Chapingo, el Colegio de Posgraduados, la Universidad Autónoma Agraria "Antonio Narro", entre otros.
- 5º. Debemos realizar una campaña de difusión y defensa de la biodiversidad genética e implementar los métodos adecuados para monitorear y detectar la propagación de transgénicos y medir sus efectos en el ser humano.
- 6º. Debe eliminarse todo riesgo de que el maíz que se importa sea transgénico y contamine las especies nativas. El Gobierno federal no debe autorizar las solicitudes para la liberación de maíz transgénico de manera indiscriminada con fines comerciales, sin tomar las medidas pertinentes.
- 7º. Por último, nos oponemos a la construcción de una naturaleza artificial, cuyos efectos económicos, sociales, culturales y de salud no han sido evaluados, y en la que predomina hasta ahora una orientación meramente comercial.

Se puede lograr, consideramos, la autosuficiencia y la soberanía de maíz blanco y amarillo con variedades desarrolladas en nuestros centros de investigación, y mediante el impulso y apoyo a la creación de empresas campesinas productoras de semillas de estas variedades, sin recurrir necesariamente a las semillas transgénicas.

Se requiere compromiso con la naturaleza y con México.

Mecanismo de acción de las toxinas insecticidas producidas por la bacteria *Bacillus thuringiensis* y su aplicación para la producción agropecuaria en México

Dra. Alejandra Bravo de la Parra*

Voy a referirme a las proteínas insecticidas que produce la bacteria *Bacillus thuringiensis*, también llamada *Bt*. Mi trabajo no es con plantas, ha sido siempre con esta bacteria. Mi interés fundamental ha sido entender cómo las toxinas son capaces de matar a los insectos, evitar el desarrollo de resistencia en los insectos, así como entender si pueden ser nocivas para los humanos.

Los agricultores requieren controlar a los insectos para no tener pérdidas agrícolas, pues llegan a perder hasta 30 por ciento de las cosechas si no tienen control sobre los insectos; por ello están forzados a usar insecticidas. Se ocupan insecticidas químicos tóxicos a los humanos ya que no existe uno solo que no sea tóxico para humanos. Eso es grave, y es la única opción que tenemos.

Insecticidas químicos

Clase	Ejemplos	Área afectada en humanos
Organoclorinas	DDT, toxafeno, dieldrín, aldrín	Sistema reproductor, nervioso, endocrino e inmunológico
Organofosfatos	Diazinón, glifosato, malatión	Sistema nervioso central
Carbamatos	Carbofurán, aldicarb, carbaril	Sistema nervioso central
Piretroides	Fenpropanthrin, deltamethrin, cypermethrin	Poco estudiada

Además, todos los insecticidas son altamente recalcitrantes. Eso significa que tardan mucho tiempo en ser degradados en el ambiente, por lo que permanecen en el suelo y en el agua muchos años. Hace poco leí en una revista de divulgación que en Chiapas y Centroamérica se han detectado niños que tienen

dicloro difenil tricloroetano (DDT) en su cuerpo. Cuál es el futuro de esos niños, si el DDT es una de las moléculas cancerígenas más importantes que existen para el control de insectos. Se esparcen cantidades enormes de insecticidas y la única manera de frenar esto son los insecticidas biológicos.

Bt es una familia de bacterias que producen proteínas insecticidas. Tenemos más de 200 diferentes proteínas insecticidas llamadas toxinas Cry, y cada toxina Cry tiene características específicas contra un tipo de insecto. Por ejemplo, las toxinas Cry1 matan insectos lepidópteros; las toxinas Cry3, coleópteros; y las toxinas Cry4, mosquitos; y la que mata mosquitos no le hace nada a los otros insectos y viceversa.

Esta toxina es una proteína, por lo tanto, es biodegradable. Se degrada en una semana en el medio ambiente, a diferencia de los insecticidas químicos. No es específica más que para los insectos que son su blanco, por lo que las abejas o los insectos benéficos estarían libres de su toxicidad.

El gen Cry que codifica para estas toxinas ha sido incorporado dentro del genoma de las plantas generando las plantas transgénicas.

En la siguiente gráfica hay diferentes toxinas activas hacia insectos lepidópteros y diferentes insectos lepidópteros. Todos pertenecen al mismo grupo de insectos y puede advertirse cómo suben y bajan las barras que indican el porcentaje de toxicidad de las toxinas Cry para dichos insectos, pues no existe una sola toxina que mate a todos los insectos. No existe una sola toxina que mate a todos los lepidópteros del mundo. Entonces, si sabemos cuáles son las plagas del maíz, apliquemos las toxinas adecuadas para poder controlar esas plagas y no otras. Y si ese gen se pasara a otras plantas, únicamente podría atacar a los insectos blanco, que van a ser muy pocos.

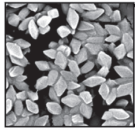
El mecanismo de acción de estas toxinas opera a nivel celular: el insecto se tiene que comer los cristales

* Instituto de Biotecnología, UNAM.

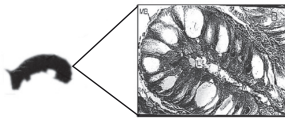
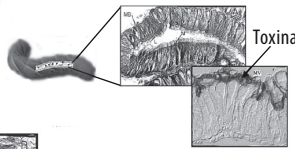
formados por la proteína. En la panza del insecto esa toxina se va a solubilizar y unir a receptores, que son proteínas que existen en la microvellosidad de las células del intestino. En un corte del intestino, podemos ver las células del intestino y cómo la toxina se une a la microvellosidad.

Modo de acción de toxinas Cry

1. La larva tiene que ingerir los cristales



2. La toxina se une a receptores localizados en la microvellosidad



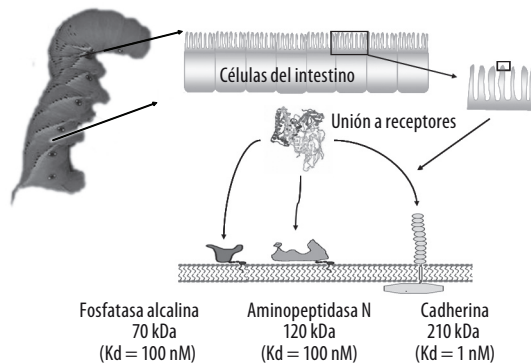
3. La toxina se inserta en la membrana y forma poros que matan a las células

Eso pasa en minutos. En unas cuantas horas cambian las células. La toxina se inserta en la membrana, forma agujeros por los que pueden fluir iones y agua, y las células se hinchan hasta que revientan. Esta toxina revienta el intestino de la larva. Es tan específica porque en esas microvellosidades existen diferentes proteínas que son capaces de unir a la toxina, y esas proteínas tienen gran afinidad con la toxina.

¿Para qué se requieren diferentes receptores dentro del insecto? ¿No bastaría con una sola proteína de unión para que se uniera y matara? Vamos a ver cuál es la función de cada uno de los receptores.

Las bacterias producen los cristales insecticidas. El cristal entra en la panza del insecto, se solubiliza debido al pH altamente alcalino dentro del intestino larvario, y las proteasas, que están en ese intestino, lo van a cortar. Una vez cortado es capaz de unirse a los receptores presentes en ese insecto, por eso son específicas para ese insecto; el pH es específico del insecto. Los insectos tienen pH alcalino de 11, y nosotros tenemos pH ácido de 4, 5 o 6. Entonces esta proteína requiere pH alcalino para solubilizarse, el cual no se encuentra en intestinos de mamíferos.

Solubilización y activación de protoxina

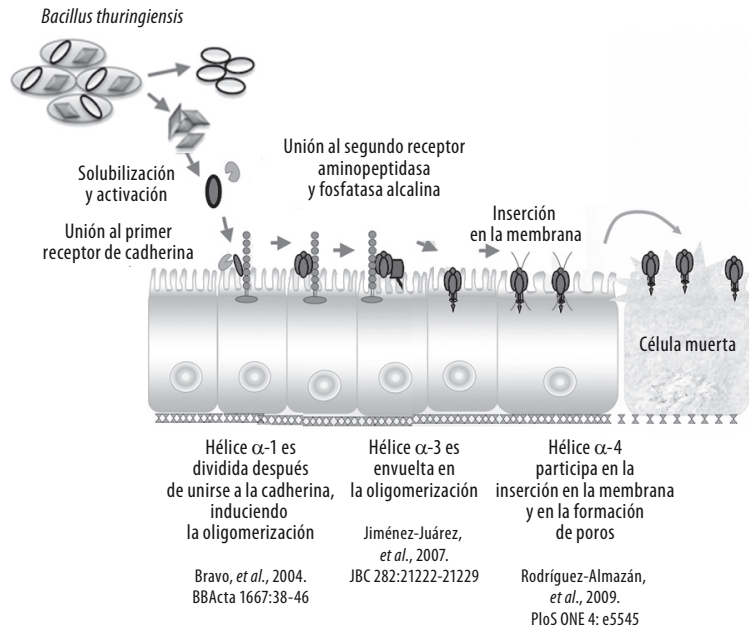


El primer paso es unirse a un receptor que se llama cadherina. Esta unión provoca un cambio conformacional muy pequeño en la proteína, le corta un pedazo muy chiquito que se llama alfa-1 ($\alpha - 1$). Ese corte hace que la toxina se oligomerice en una estructura de cuatro subunidades. Ahora, esa estructura de cuatro subunidades se puede unir a un segundo receptor, que puede ser aminopeptidasa o fosfatasa alcalina, cualquiera de los dos. Y ese segundo receptor facilita que se meta en la membrana. Ya que se metió en la membrana se forma el poro y las células revientan.

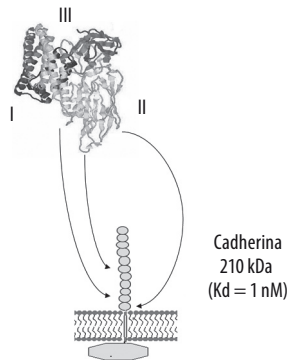
La interacción con el primer receptor es muy compleja, requiere tres sitios de la toxina con tres sitios de la cadherina, y por eso es de alta afinidad. Esta interacción hace que se corte el alfa-1, se forme el oligómero, son los dos pasos que hace la cadherina, y ahora el oligómero es capaz de meterse en la membrana. Pero para meterse en la membrana requiere unirse a estas proteínas: aminopeptidasa o fosfatasa alcalina. Y esta interacción también es muy compleja, también involucra varios sitios en cada interacción.

Con esto quiero dejar claro que este mecanismo de acción es muy complejo, lleva muchísimos pasos. Estas proteínas que funcionan como receptor son propias del insecto; los cambios en los sitios de unión hacen que la toxina no se una a ese receptor y no sea tóxica; el pH es muy diferente al de mamíferos, son muchísimas características. Por eso cada insecto es susceptible a una toxina o a otra, pero no a todas. Es imposible que maten a humanos, porque nosotros

Modo de acción de las toxinas Cry

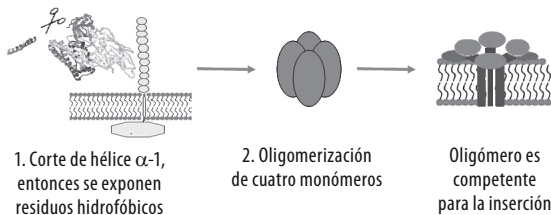


Interacción de Cry1A con receptor cadherina



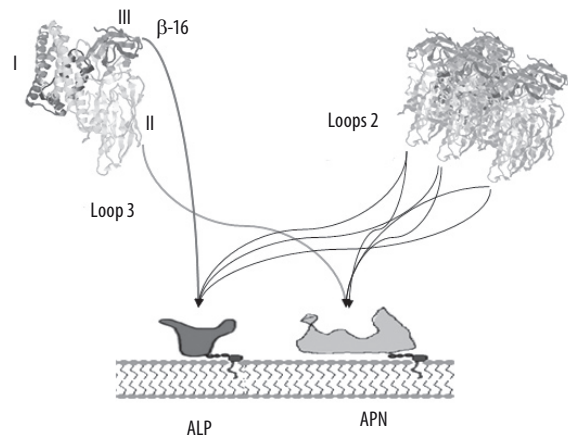
Fuente: Gómez *et al.*, 2003, Biochemistry 42:10482-10489.

La interacción con el receptor cadherina cataliza dos eventos estructurales



Fuente: Gómez *et al.*, 2003, Biochemistry 42:10482-10489.

Interacción de toxinas Cry1A con receptores anclados con GPI



Los receptores APN y ALP ayudan a la inserción del oligómero en la membrana del insecto

Fuente: Gómez *et al.*, 2003, Biochemistry 42:10482-10489.

no tenemos estos receptores ni los sitios de contacto. Nosotros no tenemos ese pH.

¿Las plantas transgénicas pueden afectar a organismos no blanco?

No. Los organismos no blanco no son susceptibles y no se van a morir por una toxina que no es tóxica para ellos. Las toxinas *Bt* son altamente específicas a diferencia de los insecticidas químicos, ninguno de los cuales es específico y todos son nocivos a los humanos.

Los organismos no blanco no son susceptibles y no se van a morir por una toxina que no es tóxica para ellos. Las toxinas *Bt* son altamente específicas, no son tóxicas a otros organismos y no son tóxicas para vertebrados, no son tóxicas para humanos, no son tóxicas para animales. Eso ha sido supercomprobado.

Toxicidad de proteínas Cry para mamíferos

No se observaron niveles de efecto mortal después de exposición de ratas a proteínas tóxicas BT*

Trasgén registrado	Marca	NOEL (mg/kg)	Digestibilidad
Bt Cry1A(b)	Monsanto	>4 000	Degradado rápido
Bt Cry1A(b)	Novartis	>3 280	Degradado rápido
Bt Cry1A(c)	Dekalb	>5 000	Degradado rápido
Bt Cry9C	AgrEvo	>3 760	Estable
Bt spray	Severl	>5 050	Degradado
Sal de mesa		3 750**	
Cafeína		25	
Vitamina A		4.3***	
2, 4-D		1	

* Toda la información de la EPA.

** LD50 por exposición oral de las ratas.

*** Nivel de exposición causando efectos adversos.

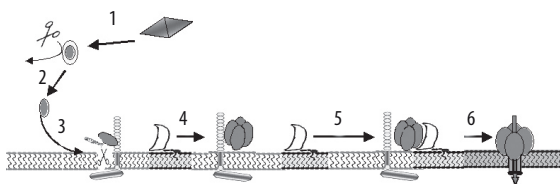
Uno de los experimentos, como lo mencionaba el doctor Luis Herrera en su plática, es alimentar a ratas con estas toxinas en grandes cantidades; se han utilizado cantidades altísimas de proteína, gramos de proteína por kilogramo de rata, y se ha demostrado que no causan ningún efecto. En cambio, hay otros compuestos como la cafeína, o la vitamina A, que sí son tóxicas para las ratas.

Entonces, hay compuestos con los que estamos en contacto, compuestos que consumimos constantemente y que no nos preocupan; y sí nos preocupa ese tipo de proteínas que han demostrado que, incluso utilizadas en cantidades muy grandes, 4 mil miligramos, no son tóxicas.

¿El uso de plantas transgénicas conlleva la generación de insectos resistentes?

Sí. Si nosotros estamos aplicando un insecticida químico constantemente, los insectos se vuelven resistentes a él. Si uno está aplicando un insecticida biológico todo el tiempo en una planta transgénica, los insectos se van a volver resistentes. Ésa es la evolución, eso no lo podemos parar.

¿Cómo se podrían generar insectos resistentes a Bt?

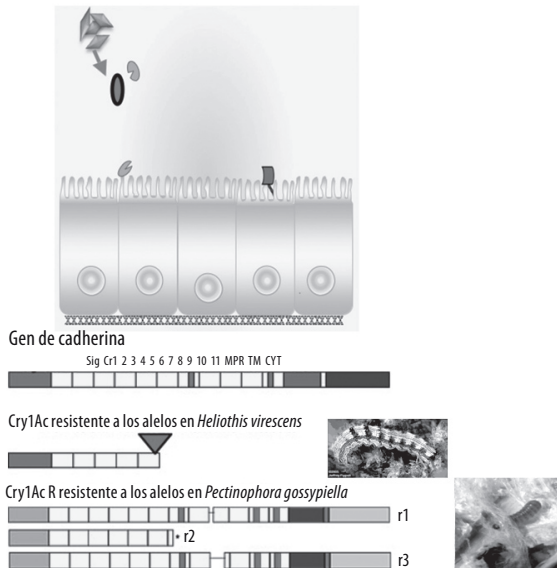


Lo que podemos hacer es buscar qué alternativas podemos tener para que cuando vengan los insectos resistentes sepamos qué hacer, con qué los vamos a matar. Entonces, ¿cómo se podrían generar esos insectos resistentes? Se ha visto que cualquier evento que interrumpa el mecanismo de acción de la toxina puede generar un insecto resistente; o sea, si la toxina no se solubiliza, ya sea porque el pH del insecto cambiara, o si no existiera esta proteína receptora, no se podría insertar, no se podría cortar la hélice alfa-1 para producir el oligómero que entra en la membrana; o sea, cualquier evento que corte el mecanismo de acción de la toxina va a resultar en un insecto resistente.

¿Qué es lo que ha pasado en la naturaleza hasta ahora?, ¿cuál es el mecanismo de resistencia más común que se ha reportado en la literatura? El mecanismo más común es la falta del receptor cadherina. Los insectos pierden la cadherina y se vuelven resistentes a las toxinas Cry. Cuando este receptor no está, la toxina

ya no tiene a dónde pegarse y no puede matar. Ésos son los ejemplos que se han reportado en la literatura. En la siguiente ilustración se aprecia que el gen de cadherina quedó interrumpido con un transposón; después está lo que fue reportado para el insecto *Heliothis virescens*, en el que son diferentes alelos del gen de cadherina que mutaron en otro insecto que es *Pectinophora gossypiella*, el gusano rosado, principal plaga del algodón. Son tres tipos de alelos resistentes que hacen que ese gusano se vuelva resistente. Entonces, el evento más común de resistencia son mutaciones en el gen de cadherina y se les llama resistencia tipo 1.

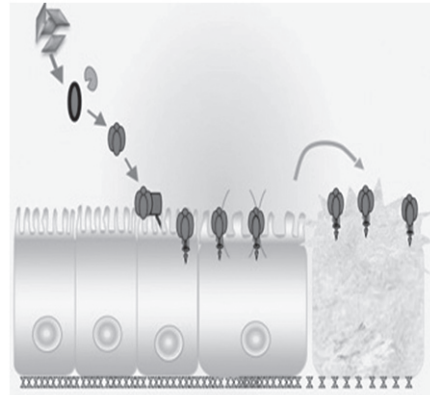
¿Cuál es el mecanismo de resistencia a toxinas Cry más común?



¿Cómo podemos retardar esa resistencia? ¿Cómo podemos matar a los insectos que se vuelven resistentes? Tenemos alternativas. En el uso de refugios en los cultivos de plantas transgénicas lo que se hace es evitar que se generen tan rápido los insectos resistentes. Pero éstos se van a generar tarde o temprano; eso es lo que ha pasado, es lo que hemos visto.

Se había predicho que después de tres años de utilizar las plantas transgénicas iban a aparecer insectos resistentes y ya se han ocupado por más de 10 años

Construcción de toxinas CryMod que carecen de hélice α -1



y apenas empiezan a aparecer en el campo. Ya están apareciendo, ya es un problema real.

Pero si aplicamos otras toxinas Cry podríamos matar a esos insectos resistentes; o sea, si el insecto se volvió resistente a la toxina 1, ahora aplico la toxina 2 y eso va a servir.

Otra alternativa es la utilización de toxinas CryMOD que nosotros hemos desarrollado en nuestro laboratorio. Estas toxinas CryMOD fueron toxinas Cry1A que nosotros modificamos. La función de la cadherina es inducir un cambio conformacional que permite el corte de una región de la toxina que contiene la hélice alfa-1. Esto es lo que estudiamos y lo que encontramos en mi laboratorio: la cadherina sirve para cortar el alfa-1; y al cortar el alfa-1 se forma una estructura de cuatro monómeros, el oligómero. ¿Qué tal si le quito el alfa-1 desde el principio? O sea, si fabrico una toxina que no lleve alfa-1 porque se lo quité mediante ingeniería genética, esa toxina no requiere la cadherina para formar el oligómero, y, entonces, esta toxina CryMOD se podría unir con el segundo receptor, insertarse en la membrana y matar. Todo eso fue lo que nosotros pensamos en el laboratorio como una hipótesis y decidimos hacerlo.

Fabricamos esas toxinas CryMOD y luego nos pusimos en contacto con un investigador de la Universidad de Arizona en los Estados Unidos que tiene una línea resistente del gusano rosado. En esa línea resistente

podemos ver que es 100 mil veces resistente, le tiene que poner 100 mil veces más de toxina para matarla. Aquí está el insecto resistente, la cantidad de toxina que le pone y no se muere; y el insecto sensible se muere muy rápido a dosis extremadamente bajas, a dos toxinas la Cry1Ab o la Cry1Ac.

Le mandamos nuestra toxina CryMOD que no tiene alfa-1, la toxina modificada, y se murieron los resistentes. Matamos a los resistentes con una pequeña modificación, únicamente por haber aprendido cómo funcionan estas toxinas y porque se nos prendió el foco para inventar algo que evite el contacto con el primer receptor.

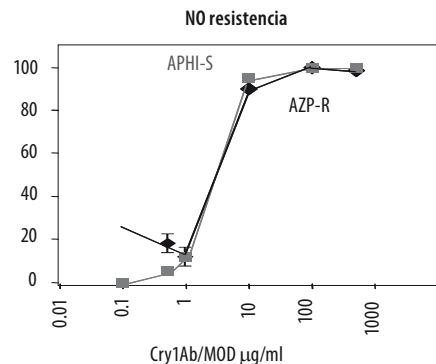
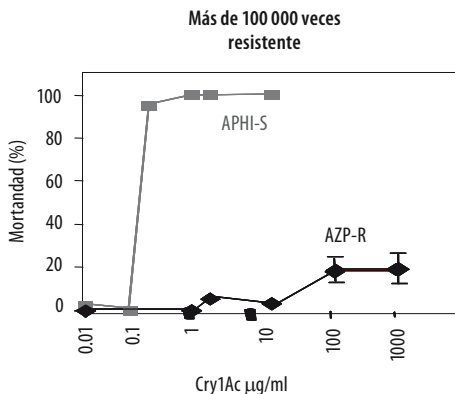
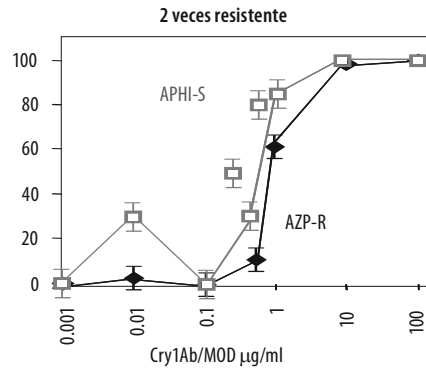
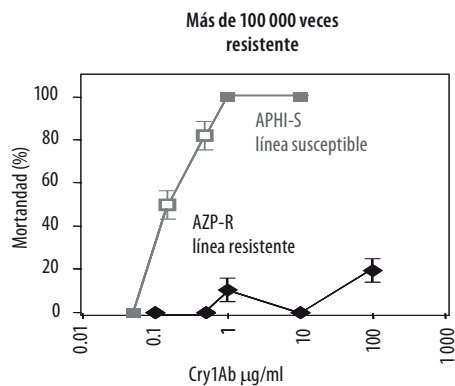
Después de eso nos pusimos en contacto con muchos más investigadores en todo el mundo, quienes tenían insectos resistentes, y resulta que existían varias líneas de insectos resistentes en China, en los

Estados Unidos, otros en Europa. Nos pusimos en contacto con todos ellos, les mandamos nuestras proteínas, ellos las probaron contra sus líneas resistentes y a todos les funcionó.

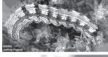

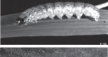
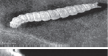
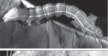

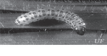
Esta es una tecnología mexicana que se desarrolló en la UNAM y que promete muchísimo, porque va a permitir que en el futuro, cuando los insectos se vuelvan resistentes, podamos matarlos. CryMOD es una toxina que permite controlar perfectamente a los insectos resistentes.

La otra ventaja que tienen estas toxinas es que siguen siendo específicas, las probamos contra otros tipos de insectos como: coleópteros, *Leptinotarsa texana*, *Tenebrio molitor* que también fueron insensibles a las toxinas CryMOD; contra mosquitos como *Aedes aegypti* y contra otro lepidóptero, *Galleria mellonae*, y a todos estos insectos no los matamos. La toxina que

¿Podemos matar al gusano rosado con toxinas CryMod?



Otros insectos que han desarrollado resistencia a toxinas Cry1A

<i>Heliothis virescens</i>		Gahan, L., et al. (2001). <i>Science</i> 293:857-860.	Linda Gahan
<i>Helicoverpa armigera</i>		Yang, Y. et al. (2006) <i>Insect Biochem. Mol. Biol.</i> 36, 735-740	Yidong Wu
<i>Ostrinia nubilalis</i>		Siegfried, B.D. et al. (2007) <i>Am. Entomol.</i> 53, 208-214	Blair Siegfried
<i>Plutella xylostella</i>		Baxter, S. W. et al. (2005) <i>Insect Mol. Biol.</i> 14, 327-334.	Gary Benzon
<i>Trichoplusia ni</i>		Janmaat, A.F. and Myers, J.H. (2003) <i>Proc. Roy. Soc. Lond. B</i> 270, 2263-2270.	Judith Myers
<i>Helicoverpa zea</i>		Anilkumar, K. J. et al. (2008) <i>Appl Environ Microbiol.</i> 74, 462-469	William Moar
<i>Diatraea saccharalis</i>		Huang et al. (2007) <i>J. Econom. Entomol.</i> 100: 164-171	Fangneng Huang

hicimos no es una toxina universal que mata a todo, sigue siendo específica, sigue siendo ecológica. Pero es tóxica aun contra los insectos que ya desarrollaron resistencia.

¿El uso de plantas transgénicas dará como resultado la disminución del uso de insecticidas?

Sí, absolutamente. Esto es un hecho. En la región algodонера de México han visto que se redujo hasta 70 por ciento la utilización de insecticida químico en el plantío. Una planta resistente a insectos no requiere que se le apliquen las cantidades de insecticida químico que se aplican en una planta normal. Eso es claro y rotundo.

El cultivo de algodón se estaba perdiendo en México, en realidad ya no era rentable porque el gusano rosado se mete en el botón del algodón y se lo come por dentro, así que aunque le aplicaran insecticida, ese botón de algodón ya no se salvaba, se lo comía el gusano. Con las plantas transgénicas este gusano ya no puede entrar, y por lo tanto ya no puede comérselo. Se aumentó así la calidad del algodón mexicano y se aumentó la producción.

Es clarísimo que en el caso del algodón en México hubo un incremento notable de los rendimientos gracias a la utilización de las plantas transgénicas. Lo mismo pasó en India. También allá su algodón estaba

a punto de perderse y ahora India es el primer productor mundial, y eso es gracias a las plantas transgénicas.

Reflexiones finales

¿La energía atómica es buena o mala? Depende de cómo la uses, depende de qué quieres hacer: iluminar una ciudad o matar con una bomba atómica.

¿Las plantas transgénicas son buenas o malas? Depende de cómo las uses, depende de qué les metas.

¿Cuál es la tecnología que nos conviene utilizar para el control de insectos? Creo que éstas son las cosas que hay que evaluar y que sí vale la pena tomar en cuenta. Hay datos que sustentan que esta tecnología de plantas transgénicas puede ser benéfica para afrontar el problema de los insectos.

No obstante, hay que emplear esa tecnología con sabiduría, atendiendo sus restricciones. No significa que esto va a salvar al mundo de los insectos. Estoy totalmente de acuerdo con que ésta no es la única tecnología, se requiere utilizar varias tecnologías para tener un aumento de la producción o para mejorar el campo mexicano. Tenemos demasiados problemas para que recurramos a una sola solución, pero no podemos darle la espalda a una tecnología que puede ser benéfica para algunos casos.

El mejoramiento de la tolerancia al estrés hídrico

*Dr. Gabriel Iturriaga de la Fuente**

Lo que hacemos en mi laboratorio es, por un lado, entender cómo las plantas resisten la sequía, y también nos interesa mejorar su tolerancia al estrés extremo. México es un país donde cerca de 75 por ciento de su territorio es de zonas áridas o semiáridas. Es un problema grave y está incrementándose con el cambio climático y, desde luego, también es un problema muy grave de subsistencia para los agricultores que dependen de las lluvias.

Está claro que el estrés abiótico, sea éste causado por sequías, salinidad, temperaturas altas o muy bajas, es lo que genera mayores pérdidas a la agricultura; mucho más que el estrés biótico, como es el ataque de plagas o patógenos. Entonces, es una cuestión que resulta apremiante resolver.

A lo largo de la evolución, durante millones de años, las plantas han utilizado tres estrategias para contener con el problema de la sequía: por un lado, la estrategia más obvia que conocemos es la que presentan las cactáceas y los agaves, que son plantas que se han modificado en su forma, en su estructura y en su fisiología para poder contener con el estrés y de esta manera adaptarse; pero estas características dependen de una gran cantidad de genes, y realmente es difícil, desde el punto de vista biotecnológico, poder transferir más de dos o tres genes.

Por otro lado, tenemos plantas herbáceas pequeñas, que escapan de la sequía debido a que tienen un ciclo de vida muy corto que se sincroniza con la época de lluvias en las zonas áridas. Esta característica, que implica un tamaño muy reducido de la planta, tampoco es factible de ser transferida a los cultivos.

Nosotros nos dedicamos a estudiar una característica que tienen más de 100 especies de plantas, que se han encontrado en diversas zonas del mundo, se llaman "plantas de resurrección". Estas plantas son capaces de sobrevivir totalmente deshidratadas durante años y en cosa de algunas horas reviven. Con este proyecto empecé hace más de 20 años en Alemania, después lo continué en la Universidad Nacional Autónoma de México, donde estuve trabajando 10 años, y actualmente lo estoy desarrollando en la Universidad Autónoma del Estado de Morelos.

Otra estrategia de algunas plantas para resistir la sequía es la acumulación de un azúcar que se llama trehalosa, la cual es muy parecida a la sacarosa. Lo interesante es que también está presente en diversos microorganismos como la levadura común con la que se hace el pan, el vino, la cerveza, y es, por lo tanto, un producto que no es tóxico. Existen estudios clínicos que señalan que es mayor la incidencia de

Rendimiento récord y rendimiento promedio reportado para algunos cultivos y estimación de las pérdidas con relación al rendimiento récord, debidas a estrés biótico o abiótico

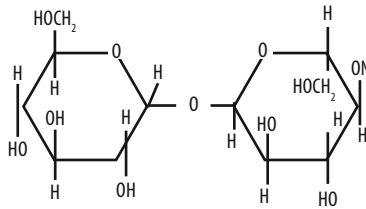
Cultivo	Rendimiento récord kg/ha	Rendimiento promedio kg/ha	Porcentaje del rendimiento récord	Estrés biótico % pérdidas	Estrés abiótico % pérdidas
Maíz	19 300	4 600	23.8	10.1	65.8
Trigo	14 500	1 880	13	5	82.1
Papa	94 100	28 300	30.1	18.9	54.1
Cebada	11 400	2 050	18	6.7	75.4
Soya	7 390	1 610	21.8	9	69.3

Fuente: Bray *et al.*, 2000

* Universidad Autónoma del Estado de Morelos.

intolerancia a la lactosa que a la trehalosa. Llevamos más de 5 mil años ingiriendo trehalosa, desde que se inició la industria del pan y las bebidas alcohólicas.

Trehalosa
(α -D-glucopyranosil- α -D-glucopyranósido)



Nosotros nos enfocamos a una planta mexicana que se distribuye desde el norte de México y el sur de Arizona, hasta Oaxaca, en las zonas áridas, se llama *Seleginella lepidophylla* o doradilla. Esta planta acumula la trehalosa y de ahí nosotros aislamos el gen responsable de la biosíntesis de este azúcar, el cual empezamos a utilizar para analizar su capacidad de hacer resistir la sequía a plantas experimentales.

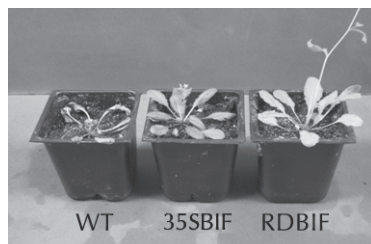
Experimentamos con plantas de *Arabidopsis thaliana*, que es como una rata de laboratorio, porque es una planta pequeña que tiene un ciclo de vida muy corto, de seis semanas, y es muy fácil manipularla genéticamente, por lo que no necesitamos ni siquiera sacarla a los invernaderos, la trabajamos en cuartos de cultivo.

Primero probamos el efecto del gen de la planta de resurrección y después el gen de la levadura en *Arabidopsis*. Pudimos lograr que las plantas que llevaban el gen resistieran la sequía durante cuatro semanas que dejamos de regarlas; en cambio, las plantas no transformadas, no la resistieron, se secan casi totalmente, contienen menos de 5 por ciento de agua. Las transgénicas pueden revivir sin sufrir ningún daño, continúan su crecimiento y producen semillas normalmente.

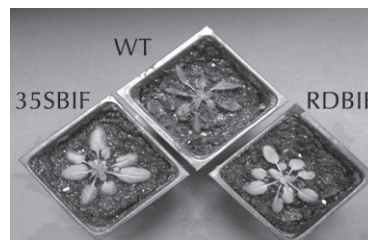
Las plantas transgénicas con el gen de la trehalosa también resistieron cuando las sometimos a menos de 15 grados centígrados durante toda una noche o bien cuando se les aplicó un choque de 56 grados centígrados. Por lo tanto, logramos que las plantas resistieran condiciones extremas con este gen en

***Arabidopsis thaliana* transformada con el transgen TPS1-TPS2 tolera condiciones extremas de estrés**

Sequía



Congelación



Calor



Alfalfa con el gen TPS1-TPS2 tolera sequía y salinidad



WT

35S-BIF

RD-BIF

Sin riego por 10 días. Aspecto a los 2 días de recuperación



WT

35S-BIF

RD-BIF

Una semana de riego con 150mM de NaCl. Aspecto a los 15 días de recuperación

particular. También lo probamos en un cultivo de importancia agronómica, como es la alfalfa. Observamos que también las plantas pueden resistir sequía, salinidad, menos 15 grados, con una preadaptación de menos 4 grados por varios días y un choque de calor de hasta 45 grados centígrados. Sufren un daño, pero es mínimo. Las fotos de arriba son representativas, pero desde luego lo hicimos en número estadísticamente válido en muchas plantas.

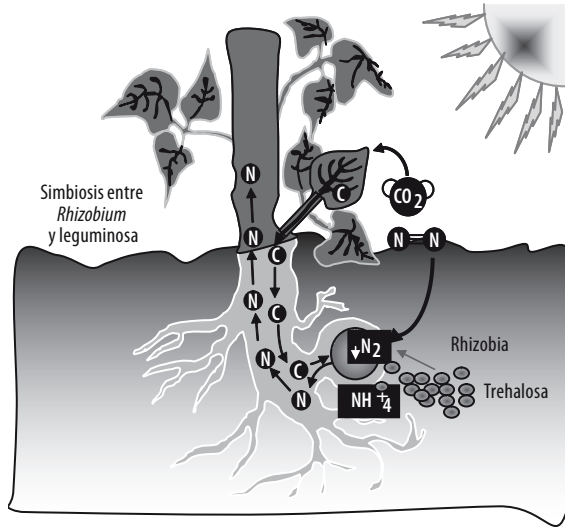
En la actualidad estamos colaborando con grupos de investigación en España, Argentina, Brasil y de la Universidad Autónoma Chapingo, para transformar con este gen de la trehalosa, plantas de maíz y frijol, y explorar la posibilidad de hacerlas resistentes a la sequía.

Ahora vamos a dar un giro a la presentación. Hará unos seis años que nos preguntamos si podíamos introducir la trehalosa a las plantas por medio de bacterias que se asocian con sus raíces, por ejemplo, en el caso de las leguminosas que forman unos nódulos en la asociación de sus raíces, con una bacteria: *Rhizobium*.

La asociación entre el *Rhizobium* y la planta es benéfica para las leguminosas, porque les permite fijar el nitrógeno atmosférico; en otras palabras, producir su propio fertilizante gracias a las bacterias que viven escondidas en sus raíces.

No solamente las leguminosas viven en asociación con microorganismos; en casi todas las plantas, sus raíces están interactuando con bacterias que les proveen

Vehículo para mejorar el desempeño de la planta



biofertilizantes, pero en realidad están vendiendo cosas que no son bacterias, son materia orgánica como compostas o guanos, que no son biofertilizantes y no poseen sus efectos benéficos.

Los biofertilizantes representan una alternativa barata para un país como México, sobre todo para los agricultores de escasos recursos, ya que, por ejemplo, si biofertilizamos 100 hectáreas de maíz, sólo se requieren 38 kilogramos, que cuestan diez mil pesos; mientras que para esa misma extensión se requieren 50 toneladas de sulfato de amonio, que cuestan doscientos cincuenta mil pesos. Si tomamos en cuenta que en México se cultiva una gran cantidad de maíz, 8 millones de toneladas al año, el uso de biofertilizantes implica un ahorro muy grande no sólo de dinero sino también en peso, lo cual hay que considerar porque hay zonas agrícolas adonde solamente se puede llevar el fertilizante en animales de carga.

de nutrientes y hormonas que promueven su crecimiento y desarrollo. De hecho, el uso de las bacterias para fertilizar los cultivos se explota comercialmente y se conoce como biofertilización. Esta tecnología es capaz de sustituir en buena medida, y en algunos casos completamente, al fertilizante químico que es contaminante y muy caro. Por ejemplo, en Brasil, para la soya, no se usa fertilizante químico, sólo biofertilizante. En el maíz, la biofertilización puede sustituir en más de 40 por ciento al fertilizante químico, lo cual favorece su crecimiento y aumenta considerablemente la producción de grano de los cultivos.

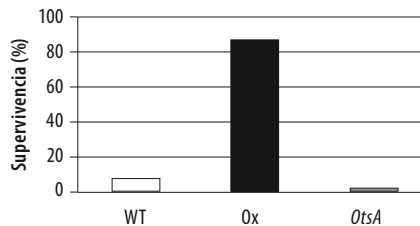
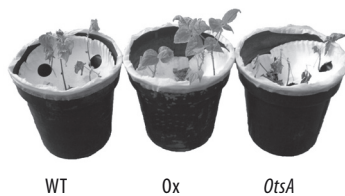
En mi laboratorio usamos la bacteria *Rhizobium* como "caballo de Troya" para introducir el gen de la trehalosa, y lo que logramos en pruebas de invernadero es lo siguiente: las plantas de frijol estuvieron sometidas a sequía durante tres semanas con una pérdida del contenido de agua mayor a 10 por ciento. Al cabo de 24 horas de haberlas regado de nuevo, se recuperaron las que tenían el gen de la trehalosa; sobreviven 80 por ciento de las plantas inoculadas con la bacteria que lleva el gen. Sería de gran relevancia lograr que también funcionara en el campo.

Sin embargo, no hay que confundirse, cuidado, ya que por ahí andan algunos mercachifles ofreciendo

Asimismo, observamos algo muy interesante: la inoculación con la bacteria modificada genéticamente, aumenta el volumen de la raíz de las plantas, factor

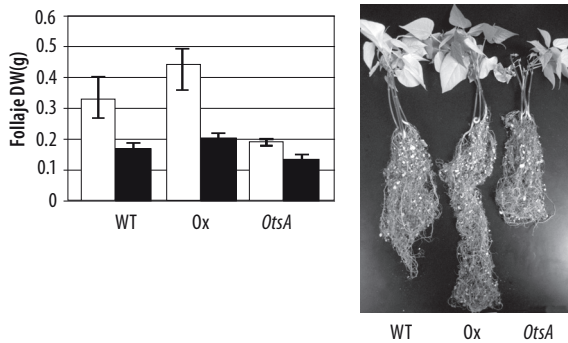
La sobreexpresión de *OtsA* en *R. Etli* aumenta la tolerancia a la sequía en frijol

Plantas de frijol de 21 días fueron sometidas a estrés por sequía durante 3 semanas

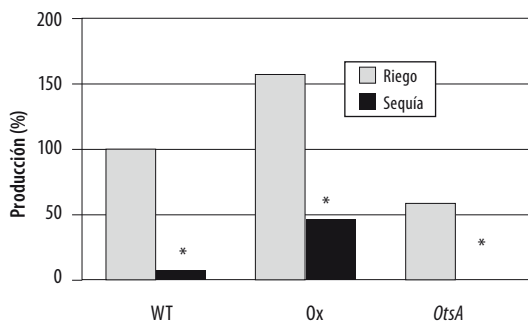


importante porque permite aprovechar el agua de manera más eficiente. Como es sabido, 70 por ciento del agua dulce se usa para la agricultura, y una buena parte se pierde, de tal suerte que lograr que las plantas tengan una mejor eficiencia en el uso de agua de riego es de gran importancia. El otro resultado relevante que tuvimos fue que también se aumentó el rendimiento de grano del frijol hasta en 57 por ciento. Vale la pena subrayar que todos estos efectos en el frijol los causa la inoculación con *Rhizobium* que modificamos genéticamente nada más con un gen.

Aumento en la biomasa del frijol



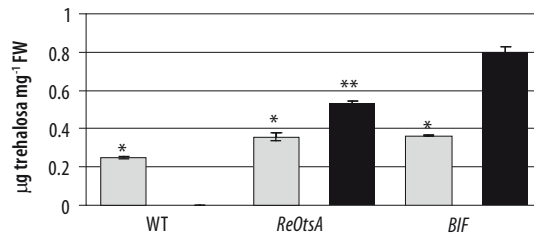
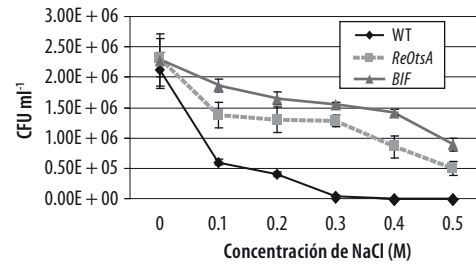
Aumento en el rendimiento del frijol



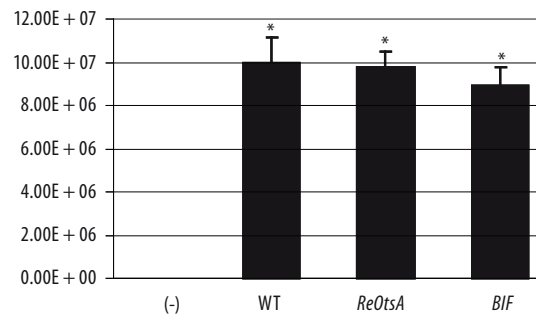
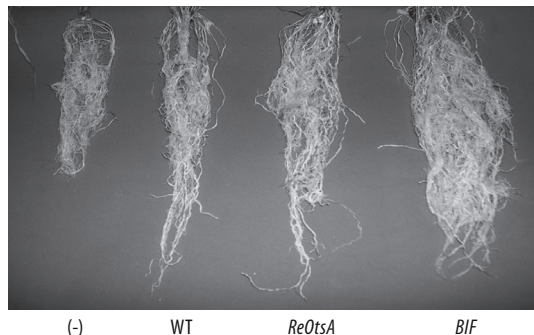
Producción = (número de vainas por planta) x (número de semillas por vaina) x (peso de la semilla)

Después, en colaboración con Jesús Caballero, del Centro de Ciencias Genómicas de la UNAM en Cuernavaca, empezamos a analizar la posibilidad de mejorar la tolerancia a la sequía en el maíz. Con este fin utilizamos la bacteria *Azospirillum brasilense*, que vive e interacciona con las raíces del maíz y de otras gramíneas,

La acumulación de trehalosa en *Azospirillum brasilense* le confiere tolerancia al estrés



Morfología de la raíz y persistencia bacteriana



como caña de azúcar, sorgo, cebada, o también con el tomate. En primer lugar, observamos que la bacteria con el gen de la trehalosa es capaz de hacerse tolerante a altas concentraciones de salinidad. Esto

es importante porque hay muchos suelos salinos que están en desuso.

Una vez que se inoculan las plantas de maíz con la bacteria que porta el gen (experimentos en invernaderos), observamos que las plantas, después de tres semanas de sequía, se recuperan al cabo de uno o dos días de regarlas; mientras que las plantas no inoculadas o bien las inoculadas con la bacteria silvestre no se recuperan.

En México hay algunos grupos que también están trabajando en la tolerancia a la sequía con distintos enfoques, y en el mundo existen bastantes laboratorios en las universidades y compañías privadas que están investigando sobre ello. Una aportación nuestra, que podríamos decir es original, es haber usado las bacterias como un mecanismo para hacer que las plantas se hicieran resistentes a la sequía sin necesidad de que fueran transgénicas.

El mejoramiento genético clásico de los principales cultivos de México y su futuro previsible después de la liberación de organismos genéticamente modificados en el agroecosistema mexicano

Dr. Alejandro Espinosa Calderón*

Vamos a hablar del maíz con propiedad. Tengo más de 30 años sembrando ininterrumpidamente en diversas regiones del país; en esta temporada ya he sembrado en varios lugares y no voy a dejar de sembrar maíz hasta el último día de mi vida.

Ya se ha hablado del origen, pero lo que quiero resaltar es que el maíz es una proeza tecnológica que los mexicanos entregaron al mundo. Ninguna otra especie es tan diferente en la forma silvestre con respecto a la forma cultivada como el maíz; del trigo, la cebada, la especie que sea, son muy parecidas sus formas silvestres a las actualmente cultivadas. Con el maíz no ocurre así. Se cambió radicalmente desde el teocintle, hasta el maíz que conocemos comercialmente. Es una proeza de la creatividad mexicana.

Es el cultivo del cual se obtiene el mayor rendimiento, la mayor cosecha de grano en el mundo: 760 millones de toneladas; muy por detrás está el trigo, con 580 millones de toneladas, que por décadas, por centurias, había sido el número uno.

En México requerimos 32 millones de toneladas de maíz para satisfacer nuestras necesidades, pero sólo producimos 22.1 millones. Importamos 10 millones de toneladas cada año.

El contexto nacional



Principales entidades productoras de maíz grano (millones de toneladas)

Entidad	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	% 2008
Chiapas	1.3	1.8	2.2	1.9	1.8	1.9	2.0	1.4	1.4	1.6	1.5	1.6	6.7
Guanajuato	0.6	0.9	0.6	0.7	1.2	1.2	1.3	1.6	1.0	1.1	1.4	1.5	6.1
Jalisco	2.1	2.8	2.5	2.2	2.9	3.1	3.1	3.4	2.6	3.0	3.3	3.2	13.1
México	2.3	1.6	2.2	1.8	2.3	1.9	1.9	1.7	1.2	1.8	2.0	1.9	7.8
Michoacán	0.9	1.2	1.4	1.1	1.3	1.3	1.4	1.3	1.3	1.4	1.6	1.6	6.6
Puebla	0.8	0.8	0.9	0.9	1.1	7.2	0.9	0.7	0.8	1.0	0.9	1.0	4.2
Sinaloa	2.7	2.6	1.5	2.3	2.7	3.1	2.7	4.0	4.2	4.4	5.1	5.4	21.9
Otros	7.0	6.8	6.4	6.8	6.9	6.0	7.3	7.7	6.8	7.6	7.7	8.1	33.5
Total nacional	17.7	18.5	17.7	17.6	20.1	19.3	20.7	21.7	19.3	21.9	23.5	24.4	100.0

Fuente: Elaborado por Blanca Sarmiento con base en datos de Sagarpa (www.siap.mx, 2009).

* Investigador del Programa de Maíz del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) / Unión Nacional de Científicos Comprometidos con la Sociedad, A.C.

Se cultiva un alto porcentaje en condiciones de temporal: 76 por ciento. Eso mismo invalida lo que están pretendiendo al liberar los transgénicos, porque éstos son para sembrarse en condiciones favorables.

De los estados que más producen, el principal es Sinaloa, indebidamente, porque no fue planeado así, no le correspondía, porque de acuerdo con quienes dirigen la estrategia agropecuaria, Sinaloa debería producir hortalizas y frutas de exportación; en lugar de ello, en las mejores tierras de este país se está produciendo maíz. El segundo y tercer lugar lo ocupan Jalisco y el Estado de México.

Otro asistente a este foro decía que el Tratado de Libre Comercio de América del Norte iba a hacer que se dejara de cultivar maíz, que sobraba un millón de productores de maíz en este país. Los productores han subsistido y seguramente ahí continuarán; desgraciadamente miles y miles de ellos migraron a los Estados Unidos, pero el maíz se seguirá sembrando.

¿Cómo se cultiva el maíz en México? En el ámbito de la geografía, desde hace años se definieron 15 grandes macroambientes en este territorio. En cada uno de esos macroambientes hay cinco posibilidades de acuerdo con el potencial productivo: *a)* muy buena productividad; *b)* mediana a baja productividad; *c)* tierras marginales; *d)* lugares donde se obtiene en promedio 9.5 toneladas por hectárea, como es Sinaloa; y *e)* lugares donde sólo se cosecha 3 de 10 años y se recogen 300 kilos por hectárea, bajo riego y buen temporal.

Ésa es la polémica y el gran reto que tenemos como mexicanos, como investigadores y como científicos. Cinco provincias agronómicas por 15 macroambientes son 75 macroagrosistemas, y para cada uno de éstos se necesitan variedades mejoradas altamente especializadas, variedades que aprovechan las ventajas, como la humedad de la que se dispone, que limiten las desventajas, etcétera. Y tenemos variedades para cada una de esas condiciones.

Existen tantas variedades en este país como agricultores hay, porque tienen el respaldo de 330 generaciones de mexicanos que han ido avanzando y mejorando su maíz. Es un mejoramiento autóctono

Superficies promedio sembradas con maíz en quince macroambientes de producción, en la república mexicana

Número	Macroambiente	Superficie sembrada (miles de ha)
1	Trópico bajo, riego y temporal, PV	2 318
2	Trópico bajo, THR OI	395
3	Trópico bajo, riego, OI	91
4	Bajío, riego, THR, PV	530
5	Bajío, THR, PV	1 201
6	Transición, riego y THR, PV	320
7	Transición temporal, PV	404
8	Valles altos y sierras, riego, THR, PV	563
9	Valles altos y sierras, temporal, PV	806
10	Meseta semiárida del norte riego, THR, PV	128
11	Meseta semiárida del norte, temporal, PV	938
12	Subtrópico bajo semiárido, riego, OI	612
13	Subtrópico bajo semiárido, riego, PV	277
14	Subtrópico bajo semiárido, temporal, PV	175
15	Subtrópico bajo semiárido, temporal, OI	59
	Total nacional	8 817

dinámico sin precedentes en el mundo. Esas 330 generaciones llevaron el teocintle de su original condición a las formas comerciales que en la actualidad conocemos, cultivando el maíz altamente productivo en todos los rincones de la geografía nacional: una proeza tecnológica.

La superficie de este país se cultiva con variedades nativas en 45 por ciento, y 25 por ciento con variedades mejoradas. En este 75 por ciento hay variedades para los más diversos usos. Hemos enlistado más de tres mil usos de las diferentes partes de la planta, mazorca y grano.

Hemos aprovechado muy poco las 59 razas con las que contamos. Para el mejoramiento genético hemos aprovechado razas como las de cónico, chalqueño, tuxpeño, celaya, algo de tamaulipeco, bolita, etcétera, y aún existe una gran cantidad de razas y ventajas por aprovechar.

Desde 1940, cuando se inició la investigación en el país, hasta 2009, el Instituto Nacional de Investigaciones

Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) y quienes le antecedieron –el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, el Instituto de Investigaciones Agrícolas y la Oficina de Estudios Especiales– han desarrollado 255 variedades de maíz. Adicionalmente, la investigación que hacen en complemento las universidades y otras instituciones (el Colegio de Posgraduados, la Universidad Autónoma Chapingo, la Universidad Autónoma Agraria “Antonio Narro”, la UNAM –donde con orgullo trabajo desde hace 28 años–, el Instituto de Investigación y Capacitación Agropecuaria, Acuícola y Forestal del Estado de México, la Universidad de Guadalajara, etcétera) ha desarrollado 117 híbridos y variedades.

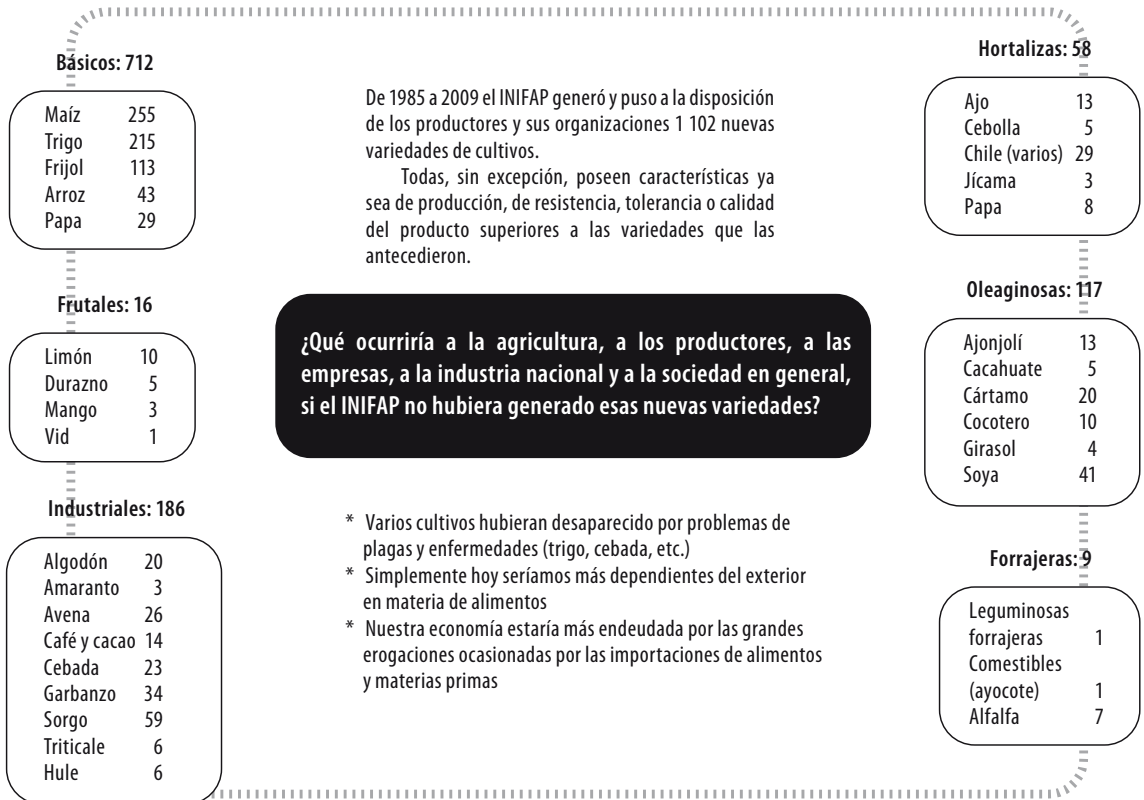
En la montaña de Guerrero, en la meseta comiteca, en la mixteca oaxaqueña, jamás le va a interesar a Monsanto y a Pioneer o a las grandes corporaciones desarrollar variedades, pero es un deber de mexicanos,

Variedades desarrolladas para diferentes regiones en México

Región	Variedades
Valles altos	H-40, H-48, H-50, H-52, H-66
Bajío	H-361, H-318, H-319, H-375
Meseta comiteca	V-229, V-231 A
Mixteca oaxaqueña	V-233 (bolita sequía)
Trópico seco	H-516, H-517, H-562, H-565,
Trópico húmedo	H-520, H-519 C, H-518, H-564C
Montaña de Guerrero	V-235, V-236
Meseta purépecha	V-237

de científicos e investigadores nacionales, desarrollar variedades para todos esos lugares, porque la ciencia debe servir a todos, incluyendo primero a los pobres.

Mejoramiento genético: variedades liberadas por el INIFAP (1942 - 2009)



De 1942 a 2009 la investigación pública en México desarrolló 1 102 variedades mejoradas de avena, trigo, cebada, cacao, triticale, entre muchos otros cultivos; todas las cervezas fabricadas en México son de variedades de cebada mexicanas, desarrolladas por el mejoramiento clásico de investigadores nacionales excelentes.

Los productores en el Estado de México siembran mayor superficie en los valles altos con las variedades mexicanas que con las de Monsanto o las de Pioneer, ya que le hemos podido dar la vuelta al asunto de la desaparición de la Productora Nacional de Semillas (Pronase), y las variedades del INIFAP son multiplicadas y distribuidas por 35 pequeñas empresas de semilla.

¿Qué pasa con los transgénicos? El transgén no corresponde a la especie; no hay certidumbre sobre su desempeño; puede influir en genes contiguos; puede afectar a genes modificadores; no se conoce el efecto medio de ese gen con respecto a la población; no se ajusta al efecto medio de la sustitución de un gen, requiere que haya dos alelos en un locus –cuando un transgén contamina un criollo, el cromosoma homólogo podría replicarse y entonces tiene una capacidad de sobrevivencia de 100 por ciento y eso es contra natura–, no se ajusta al efecto medio de los genes, la suma del efecto del gen no tiene un comportamiento convencional.

(Probablemente es complicado para algunos entender estos conceptos porque varios de ellos son de genética cuantitativa, genética mendeliana, genética de poblaciones, etcétera. Una disculpa por los términos, pero soy alguien que toda su vida se ha dedicado a la genética: en la maestría, en el doctorado, y soy ingeniero agrónomo fitomejorador.)

Esa capacidad replicativa y esa supervivencia de 100 por ciento propiciarán que en muy pocos ciclos las contaminaciones y el advenimiento de los transgenes de las contaminaciones en los maíces nativos generen una contaminación sin comparación en el mundo en un centro de origen. Se manejan más de 40 eventos transgénicos liberados en los Estados Unidos y otros países. En el equipo de investigadores con el que trabajo, planteamos que hay un umbral de intolerancia y cuando llegue un nivel de acumulación de

cierto número de transgenes en las razas nativas de maíz, estas razas con esta contaminación no podrán sobrevivir. Será un desastre mayúsculo para México y el mundo, y desgraciadamente no habrá retorno.

¿Cómo se puede dilucidar y confirmar lo anterior? La única manera es concentrando esos transgénicos, tantos como sea posible, pero eso podría hacerse en Todos Santos, el campo experimental del INIFAP, ubicado en Baja California, o bien podría llevarse a cabo en las Islas Marías; otra posibilidad es en Cuba o en Honduras, donde se permita sembrar transgénicos. Si no pasa nada después de tener 30 transgénicos o más en los genomas de las razas de maíz, entonces sería factible que se sembraran los transgénicos en México.

Quería que se quedara en el foro Luis Herrera por el mito del genoma del maíz. Hace dos años se anunció con bombo y platillo que se había secuenciado el genoma del maíz y convencieron al secretario de Agricultura y a otros políticos de que con esa secuenciación estaría resuelta toda la problemática del maíz, que ya sólo era cuestión de sacarla y obtener lo que se quisiera: tendríamos las variedades que se necesitaran, por ejemplo, tolerantes a sequías, como consecuencia de haber descifrado el genoma del maíz palomero.

Yo estuve en una reunión con los seis secretarios de Estado, como coordinador del Consejo Consultivo Científico, y uno de los secretarios preguntó qué hacía falta para aprovechar el genoma. Otro de ellos contestó que faltaba el andamiaje jurídico para que se aprovechara y protegiera su desarrollo y para que se pudiera usar extensivamente todo lo que tenía.

En esa reunión, otro secretario dijo que había que “apurarle a la ley de semillas”, lo que sí ocurrió, y ese mismo año (1991) se publicó en el *Diario Oficial de la Federación* la Ley sobre Producción, Certificación y Comercio de Semillas. Es muy simple ejemplificar de qué se trata. Dijeron que con la secuenciación del genoma se podrían tener variedades de maíz tolerantes a la sequía.

¿En qué termina todo esto? Ahí mismo afirmaron que la pelota estaba en manos del INIFAP; que éste

sacara las variedades tolerantes a sequías, puesto que ya estaba el genoma. Entonces se promovió un megaproyecto de tolerancia a sequía, en el cual se llevaron a cabo más de 20 reuniones, por instrucciones de la Sagarpa. Se convocó al INIFAP, Chapingo, el Colegio de Posgraduados, la Universidad "Antonio Narro", la Universidad de Guadalajara, a muchísimas instituciones, y, después de esas 20 reuniones, no se llegó a nada. Se pedía que dijese que las variedades que se desarrollaran en *fast track* eran producto de la selección asistida por la secuenciación del genoma. ¿En qué país bananero creen que estamos? Esta es la forma como la Sagarpa pretendía justificar y promover las bondades de la secuenciación del genoma del maíz.

En cuanto a lo que dijo el secretario de Agricultura sobre que no se puede patentar el genoma del maíz porque el andamiaje jurídico –las mismas palabras que oí en esa reunión– no está listo para que se puedan proteger los desarrollos..., ¿pues cuáles desarrollos? ¿Las variedades tolerantes a la sequía que aún no se tienen después de 20 reuniones? Es evidente que se están ofreciendo promesas como una quimera.

La nota que apareció el 4 de mayo de 2010 en el diario *Reforma*, donde el secretario de la Sagarpa se queja de que no podemos patentar el genoma del maíz, evidencia el desconocimiento de las propias autoridades. Y luego le pidieron una entrevista al secretario ejecutivo de la Cibioyem y el periódico dice que no se la dio. El colmo del asunto. ¿Qué pasaría si esperaríamos las variedades como nos las han venido ofreciendo desde hace años y años?

Otro ejemplo que ilustra lo anterior es cuando afirman que tienen variedades tolerantes a alguna enfermedad, pero para ofrecer la variedad tolerante a una enfermedad tienen que usar la plataforma de las variedades mejoradas que ya existen: la plataforma de las variedades que ha desarrollado, por ejemplo, el INIFAP.

Ya se ha comentado en infinidad de ocasiones que entre maíces transgénicos y no transgénicos no hay diferencia en rendimiento. En este mismo foro el doctor Sarukhán lo señaló claramente: en las áreas de riego donde se pretende sembrar transgénicos no hay

rendimiento superior, no hay ventajas con respecto a los maíces no transgénicos.

Estamos seguros de que podemos llegar a la autosuficiencia sin transgénicos; podemos producir 50 millones de toneladas de maíz con las variedades mexicanas de las que disponemos; y podríamos producir 28 millones de toneladas de maíz de manera rápida.

¿Qué se necesita para lograr la autosuficiencia sin recurrir a transgénicos? Restaurar lo que se empeñaron en destruir en los últimos sexenios: la infraestructura y las instituciones nacionales que apoyaban la producción, mismas que fueron cancelando una a una como fue el Servicio de Extensión Agrícola, Pronase, Fertilizantes Mexicanos, etcétera. El único que está aún vigente es el INIFAP, porque lo defendieron los productores, diputados y senadores.

El colmo es que nuestras propias instituciones defiendan a las transnacionales, que el mismo Sistema Nacional de Inspección y Certificación de Semillas (SNICS) defienda y esté del lado de las grandes compañías, ya que justifican lo que valen las semillas en México, que tienen los precios más caros del mundo, aun con respecto a la semilla que se vende en los Estados Unidos. No sólo eso, en el SNICS se presentan conflictos de interés y se emplea información privilegiada, lo que, en su momento, debe hacerse del conocimiento público.

La Ley de Semillas: el atraco al país. La Ley de Semillas es la hermana menor de la ley Monsanto; con esa ley se termina por entregar al país a las grandes corporaciones. Ahora se puede castigar al productor que comercializa e intercambia semillas con otros productores, ya que si lo acusan de que está vendiendo semillas sin contar con el artículo 33 de la Ley, puede ser castigado hasta con 700 mil pesos, aun cuando el productor intercambie media tonelada o sólo unos cuantos kilos.

Termino diciendo que México tiene excelentes variedades y excelentes fitomejoradores. Decía el doctor Fidel Márquez que él, por 15 mil pesos, les entregaba una variedad mejorada. Así ocurre con otros mejoradores de maíz, cuyas variedades se usan comercialmente y no reciben el respaldo económico o los

apoyos para sus trabajos de investigación, debido a la ignorancia de las autoridades.

Estoy convencido de que es urgente e indispensable reparar todo el daño que le han hecho al campo mexicano, para que pueda producir mayores volúmenes de grano de maíz para el país. La solución para incrementar la producción está ahí, en reactivar y fortalecer los programas de investigación en mejoramiento clásico, manejo agronómico, asesoría técnica, entre otras.

Es urgente el establecimiento de programas de mejoramiento genético participativo entre campesinos y fitomejoradores con amplia cobertura nacional; es fundamental organizar la producción de semillas de criollos sobresalientes y variedades mejoradas con la participación de productores de diversas regiones. Los transgénicos no rinden más en condiciones de alta productividad, menos aun responden en las

condiciones como se maneja el maíz en México, en 75 por ciento de la superficie donde se usan maíces nativos. La pretendida solución mágica de los transgénicos no es tal. Se requiere mucho más que genes aislados, con sus ventajas y anunciadas complicaciones, para responder a la necesidad de México. En todo caso, las autoridades llevarán en su conciencia la responsabilidad de sus decisiones.

“Lo único que necesita el mal para triunfar es que los hombres buenos no hagan nada”, dijo Edmund Burke.

Lo que representa el maíz para los mexicanos, dicho por un cubano histórico como José Martí: “Toda la gloria del mundo cabe en un grano de maíz”. Ese hombre defendió la independencia y la libertad de su país, como debemos defender este cultivo y por supuesto a México.

[Panel 5]

RETOS AGRONÓMICOS, AMBIENTALES Y SOCIOECONÓMICOS EN MATERIA
DE INGENIERÍA GENÉTICA PARA MÉXICO

Los desarrollos en modificaciones genéticas en cloroplastos

Dr. Agustín Badillo Corona

Crítica del uso de maíz transgénico en México desde el punto de vista de la agronomía clásica

Dr. Antonio Turrent Fernández

**Control biológico de las plagas agrícolas mediante sus enemigos naturales
versus tecnología transgénica**

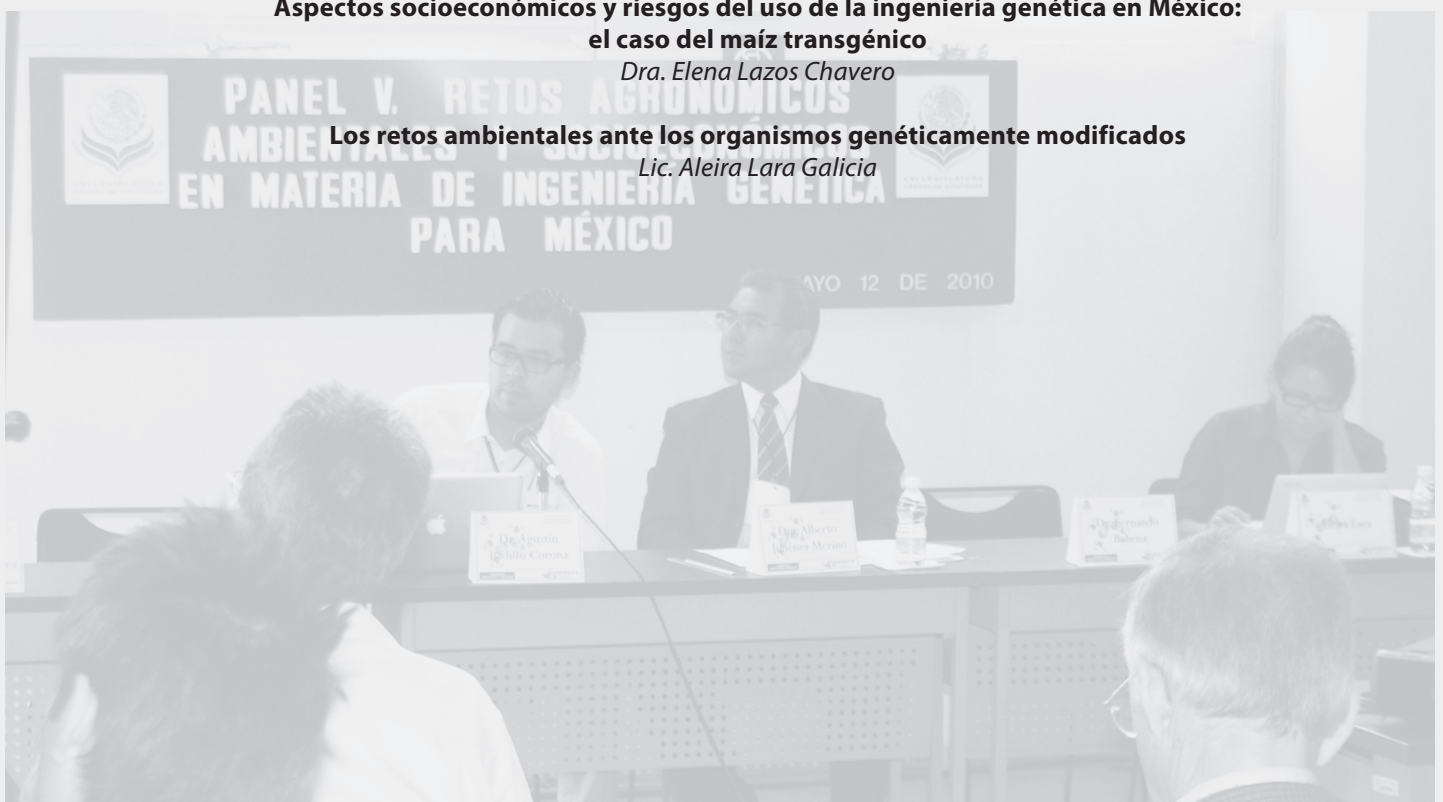
Dr. Fernando Bahena Juárez

**Aspectos socioeconómicos y riesgos del uso de la ingeniería genética en México:
el caso del maíz transgénico**

Dra. Elena Lazos Chavero

Los retos ambientales ante los organismos genéticamente modificados

Lic. Aleira Lara Galicia





Intervención del Dr. Agustín Badillo Corona; Dip. Alberto Jiménez Merino.

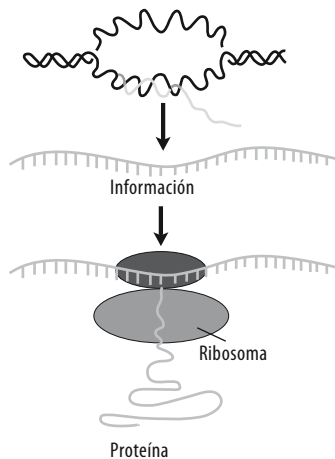
Los desarrollos en modificaciones genéticas en cloroplastos

Dr. Agustín Badillo Corona*

Los cloroplastos están en cada una de las células de las plantas. Cada cloroplasto fue anteriormente una bacteria que vivía libremente, y que se alojó en el interior de las células vegetales, de modo que al paso del tiempo se convirtió en parte esencial de las células de las plantas.

Los cloroplastos tienen las instrucciones necesarias para ser cloroplastos. Estas instrucciones están contenidas en el ácido desoxirribonucleico (ADN). En el ADN están contenidos los genes, los cuales transmiten instrucciones por medio de un mensajero, una molécula conocida como ARN mensajero (ARN, ácido ribonucleico).

Instrucciones para ser cloroplasto



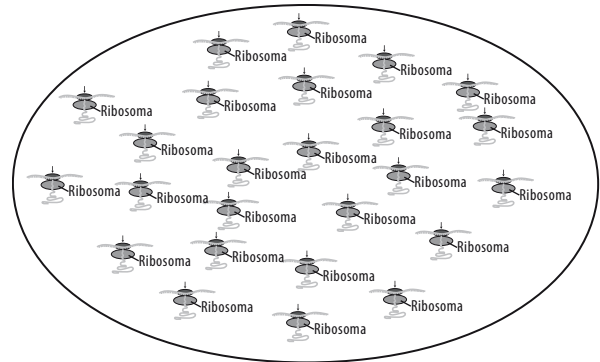
El mensaje tiene que ser traducido por unos suborganelos que se llaman ribosomas, para producir una proteína.

Las proteínas no son otra cosa más que los tabiques con los que se construye la vida; los tabiques que construyen una célula, todas las células. Este que les

presento aquí es el genoma del cloroplasto. Aquí están inscritas todas las instrucciones de cómo ser un cloroplasto.

Resulta que si nosotros metemos las instrucciones necesarias, podemos hacer de este cloroplasto una máquina que pueda producir lo que nosotros queremos, por eso le llamo a este organelo "la fábrica de proteínas en cloroplastos".

El cloroplasto como fábrica de proteínas



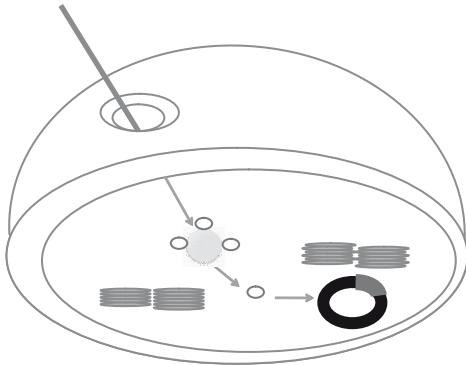
A diferencia de la modificación genética convencional, en los cloroplastos se puede introducir más de una instrucción, se puede introducir más de un gen y, entonces, esto se verá reflejado en niveles de expresión más altos (más cantidad de proteínas) que los que normalmente se obtienen con las plantas transgénicas convencionales.

La modificación genética de cloroplastos tiene una aplicación especial en la producción de proteínas que son difíciles de producir en otros sistemas: en bacterias, en hongos, en levaduras. Aquí se producen en unas cantidades muy grandes, por lo que podríamos sacar ventaja de ello.

¿Cómo hacemos esa modificación genética? La llevamos a cabo mediante el bombardeo de micropartículas de oro o de tungsteno; esta es una representación muy esquemática del asunto.

* Unidad Profesional Interdisciplinaria de Biotecnología, Instituto Politécnico Nacional.

Modificación genética del cloroplasto



Precisamente ésa es una partícula de oro que ha sido bombardeada al interior del cloroplasto. Una vez que esa partícula está en el interior del cloroplasto –la cual está rodeada de genes, los genes que nosotros queremos introducir, que son las instrucciones que queremos que adquiera el genoma del cloroplasto–, ese gen se integra en el genoma del cloroplasto, y éste tiene ahora una instrucción adicional para producir lo que queremos que produzca.

Abajo se reproduce el equipo que utilizamos para hacer modificación genética de cloroplastos. Es una

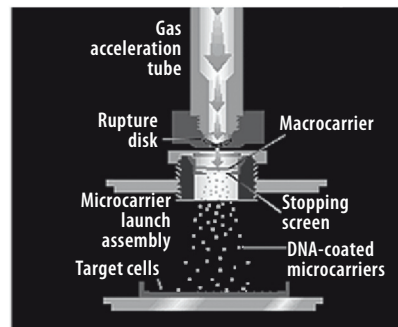
pistola que bombardea micropartículas, conocida normalmente como Gingan.

Los puntos que se ven en la imagen son las balas que cubrimos con el ADN que queremos introducir, con los genes que queremos introducir; los bombardeamos y en la parte inferior se coloca el tejido en el cual se quiere introducir, en este caso, un pedazo de planta, una hoja, un tallo y esperaríamos que las micropartículas vayan hasta el interior del cloroplasto, como se presentó en el esquema anterior.

¿Qué ventajas tiene la modificación genética de cloroplastos? Tiene muchas. Sólo por mencionar algunas, se puede decir que los cloroplastos sí están presentes en el polen, pero cuando el polen fecunda a un óvulo ese material genético del polen no es transferido al óvulo, de tal forma que con esto se puede prevenir la dispersión de transgenes.

Probablemente la más importante de todas las ventajas sean los altos niveles de expresión que se alcanzan. No se han presentado niveles de expresión tan altos en otros sistemas de forma estable; no hay reportes que alcancen estos niveles de expresión. Casi 70 por ciento de la proteína que está presente en la planta puede ser la proteína que nosotros queremos.

Equipo para modificación genética de cloroplastos



El gran potencial de la modificación genética de cloroplastos no es hacer este tipo de plantas resistentes a un herbicida, a un insecticida; el gran potencial que tiene es utilizar las plantas como un biorreactor para que produzcan proteínas que en otro sistema son muy difíciles de producir, como bacterias o como levaduras, por ejemplo.

Se ha dicho que los genes que uno introduce en las plantas van y se insertan a la mitad de cualquier gen de la planta y pueden producir daños. Algunos frutos raros que se han mostrado pueden ser producto de eso.

Cuando uno hace modificación genética de cloroplastos no se ha observado este tipo de efectos, porque podemos controlar de manera precisa dónde queremos insertar el gen. Si yo digo: quiero que se inserte entre este gen y este gen, construyo un vector para que el gen que yo quiero meter se introduzca justamente ahí. De esta forma puedo monitorear la expresión del gen y puedo monitorear qué es lo que le ha ocurrido a este gen durante algún tiempo. Hay menos probabilidad de que estos genes se muevan de lugar. No se comportan como transposones.

Este es un brevísimo resumen de las cosas que se han producido en cloroplastos. No hay ningún caso de liberación al ambiente; no hay ningún ejemplo en concreto en el cual una proteína que sea producida en cloroplastos ya se venda comercialmente. Esta tecnología es mucho más reciente que otras, por lo que la lista de proteínas producidas es mucho menor; sin embargo, el interés es igualmente amplio.

Se han producido proteínas reporteras; esto es únicamente con fines de investigación. Lo que tiene más aplicación probablemente sean las proteínas farmacéuticas –por ahí hay 12– o vacunas, enzimas, bioplásticos y otras cosas.

Es importante destacar que toda esta investigación se ha hecho mayormente en la planta del tabaco (90 por ciento). Es más o menos fácil trabajar con la planta del tabaco; sin embargo, hay reportes que han intentado hacer la modificación genética de los cloroplastos de otras especies, entre ellas el tomate, la papa, la soya, el algodón, el arroz, la zanahoria, etcétera. Sin embargo, no es para nada fácil hacer la modificación

genética de los cloroplastos en estas especies. La única planta en la que sigue siendo rutina es en la planta del tabaco.

En mi grupo de investigación tenemos especial interés en producir proteínas en cloroplastos para vacunación. De ninguna manera creo que se pueden producir estas vacunas en las plantas y las plantas puedan ser consumidas para que nos vacunemos.

La única ventaja que representa utilizar las plantas como biorreactores es que podemos producir las proteínas o podemos producir las vacunas que no se pueden producir en otros sistemas. No creo que uno pueda comerse una lechuga o una manzana o un jitomate para vacunarse contra diabetes, hepatitis o sarampión, no creo que sea posible. Siempre tendremos que extraer la proteína y utilizarla como vacunación, pero es lo mismo que hacemos cuando producimos vacunas en embriones de pollo. Cuando hacemos vacunas en levaduras, extraemos la vacuna y después la administramos.

Hay varios ejemplos de proteínas producidas en cloroplastos, como ejemplos están la toxina del tétano contra tétano; la toxina B para vacunación contra cólera; vacunas contra ántrax; proteína de hepatitis E; un par de ejemplos de proteínas de papiloma humano; VP6; un par de ejemplos de antígenos que pueden ser utilizados para vacunación contra VIH; antígenos que pueden ser utilizados para vacunación contra diabetes; tenemos algunos interferones, la hormona del crecimiento, insulina, etcétera, que pueden ser utilizados para tratar diferentes enfermedades.

Proteínas producidas en cloroplastos

Proteínas reporteras	19
Proteínas plastídicas	8
Resistencia a herbicidas	6
Resistencia a insectos	8
Resistencia a patógenos	2
Proteínas farmacéuticas	12
Vacunas	24
Enzimas	17
Bioplásticos	3
Otras proteínas	2

La lista de las proteínas producidas en cloroplastos está dominada por el tabaco. Eso tiene una ventaja y una desventaja al mismo tiempo: la ventaja que tiene es que el tabaco no nos lo comemos, entonces, no hay riesgo de transferencia de la planta a los

humanos o a los animales; la desventaja es que la purificación para extraer esas proteínas tiene que ser más exhaustiva, porque en el tabaco hay presencia de alcaloides, toxinas, etcétera, que uno quisiera remover de ahí.

Crítica del uso de maíz transgénico en México desde el punto de vista de la agronomía clásica

*Dr. Antonio Turrent Fernández**

Vemos con bastante preocupación cómo en los últimos tres quinquenios, a pesar de que en México ha aumentado la producción total de maíz, tanto en términos totales como *per capita*, hemos tenido una importación también creciente y una dependencia del mercado internacional que llega a 32 por ciento: 3 de cada 10 kilos del maíz que consumimos vienen del mercado internacional. Si uno prolonga esta tendencia, esperaríamos que alrededor de 50 por ciento –de cada 2 kilos, un kilo de tortillas– vendría del extranjero, lo que es absolutamente inaceptable; no es sostenible para una república cuyo alimento básico es el maíz.

Éste es un entorno que ha sido muy útil a los intereses multinacionales para convencer al Estado mexicano de que si conducimos un gran megaexperimento de maíz en México –un megaexperimento irreversible, porque una vez iniciado no hay regreso–, nuestro país va a resolver el problema de la seguridad alimentaria. El argumento –muy generalizado en el sector– es que necesitamos modernizar nuestra agricultura para resolver este problema de insuficiencia de alimentos.

Quiero comentar rápidamente un panorama del relieve del país más importante, el que ha trabajado más con el asunto de los transgénicos: los Estados Unidos. Ese país tiene una gran planicie. Canadá es una gran planicie. Todo esto es efecto de la actividad de los glaciares –que no nos llegaron a nosotros, por cierto. Ahí llueve bien; además de eso, están subpoblados: en los Estados Unidos apenas 2 por ciento de la población se dedica al campo.

De tal manera que éste es un entorno que se presta para las grandes unidades de producción. Aumentar la escala de producción en México nos permitiría ser muy efectivos, muy competitivos.

Otro ejemplo es Argentina, país en donde también ha habido un repunte de materiales transgénicos. Una gran proporción de su territorio es plano, comparado con el resto del país. Argentina es bastante más grande que México y tiene una población pequeñísima.

Además, en los Estados Unidos, Canadá y Argentina, el maíz es para consumo de tipo industrial y forrajero, casi no se destina al consumo humano.

Para avanzar a las grandes unidades de producción estos países han dado cuatro grandes pasos: el primero es el de la mecanización de gran escala que permitiría jalar tractores con 12 o 13 unidades y todo lo necesario para que esto funcionara; el segundo, la labranza de conservación para evitar erosión; el tercero, la agricultura de precisión, que consiste en que si un productor tiene mil hectáreas, las tiene todas mapeadas y además están georreferenciadas, de tal manera que cada unidad dosificadora está controlada por este sistema, así que si hay que poner más o menos fertilizante, dependiendo de las instrucciones, eso es lo que se hará; y, finalmente, el cuarto, los organismos genéticamente modificados han sido una gran aportación. ¿Por qué? Porque si yo manejo mil hectáreas y no me quiero preocupar por las malezas, qué mejor que usar un herbicida universal, mata todo; y si además en el transgénico le pusiera la resistencia a ese herbicida, entonces mato todas las hierbas, siembro mi maíz y no tengo problema alguno de malezas. También, si hubiera alguna plaga en el cultivo de maíz y yo tuviera, como en el *Bt*, un híbrido, un material transgénico que produjera la toxina de la que habló el doctor Herrera Estrella que podría matar, entonces no hay necesidad de andar recorriendo el campo de la siembra e ir poniendo insecticidas porque tenemos ya la manera de que la planta se defienda. Éstos son los elementos.

Las cuatro etapas de la guerra biológica

1ª etapa: control *satisfactorio* de la plaga.

2ª etapa: presión de selección a favor de individuos resistentes. Empieza una presión mientras aumenta

* Vicepresidente de la Unión Nacional de Científicos Comprometidos con la Sociedad, A.C.

la superficie donde se está controlando la plaga. Ningún plaguicida, ni el *Bt*, mata 100 por ciento de la plaga para la que se aplica. Es satisfactorio porque mata 95 por ciento, y con eso desaparece el daño económico; sin embargo, queda 5 por ciento de individuos.

3ª etapa: incremento de la dosis para lograr control *satisfactorio*. Cuando se está aplicando, se ejerce una presión de selección que favorece a los individuos resistentes, y a la vuelta de cierto número de generaciones aparecen esos individuos resistentes como parte de la plaga. Entonces empieza a haber necesidad de incrementar la dosis para regresar al control *satisfactorio*.

4ª etapa: cambio de plaguicida para lograr control *satisfactorio*. Así ocurrió en la agricultura. Empezamos con DDT y ahora terminamos con una serie de insecticidas muy diferentes, porque hay una guerra biológica.

Esto ya está ocurriendo con la agricultura de organismos genéticamente modificados. Tenemos evidencias de que hay malas hierbas que se volvieron supermalezas, porque bajo una presión de selección favorable –en esta etapa estamos todavía– hemos tenido que incrementar la dosis de glifosato, del herbicida universal, para poder mantener un nivel satisfactorio, y de seguro que esto va a ser superado por la adaptación, por la aparición de individuos resistentes, y entonces habrá un momento en que tendremos que cambiar el glifosato. No tengo duda de que ya se está trabajando para encontrar otra molécula que sustituya al glifosato; pero esto quiere decir que cuando la nueva molécula aparezca regresaremos a la primera etapa. Esta es una batalla que ya se dio en la agricultura clásica y que continuará.

México no es plano. Sí tenemos planicies pero se encuentran en la latitud donde están los desiertos del

mundo y ahí no llueve ni hay manera de regar; solamente en el noroeste del país, en Sonora y en Sinaloa, hay terrenos planos donde podemos regar, pero porque está una sierra en donde llueve y hay un sistema de presas que permiten el riego. Sin embargo, no es así en el resto del país, y precisamente la enorme variabilidad física de este entorno es lo que permitió la domesticación del maíz.

Agroecosistema del maíz en México

Se siembran 9 millones de hectáreas y se cosechan 8, de las que 1.5 son de riego y 6.5 de temporal. La superficie cosechada bajo temporal tiene 2 millones de hectáreas de alta calidad agronómica, 3.2 millones de calidad agronómica mediana o baja y un millón de hectáreas de tierras marginales.

Sólo 30 por ciento de las tierras (2.7 millones de hectáreas) del agroecosistema de maíz, en su mayoría bajo riego y buen temporal, se siembran con semillas híbridas y variedades de polinización libre (VPL) mejoradas. El resto, 6.3 millones de hectáreas, se siembran con las razas nativas de maíz.

Tenemos una enorme diversidad de razas nativas de maíz. No hay una esquina del agroecosistema de maíz, es decir, el campo mexicano dedicado al maíz, para el cual no exista una raza nativa adaptada precisamente a esas condiciones: si hay mucha sequía, hay razas de maíz precoces como las cónicas que se adaptan a esas condiciones; si es una gran altura sobre el nivel del mar, 2 600 o 3 mil metros, hay razas nativas que se adaptan; si son suelos muy ácidos o muy alcalinos, siempre hay razas nativas adecuadas a esos entornos, de tal manera que esos 9 millones de hectáreas podrían estar sembrados con razas nativas de maíz. Nada más en 6 millones de hectáreas se siembran razas nativas de maíz, en el resto se usan maíces mejorados, no transgénicos.

Maíz: producción y dependencia

Periodo	Producción		Importación		Dependencia (%)
	Total (M de ton)	Per capita (kg)	Total (M de ton)	Per capita (kg)	
1995-1999	18	191	4	47	22
2000-2004	20	195	7	71	27
2005-2008	22	211	10	97	32

Gradientes del agroecosistema de maíz en México

Un elemento muy interesante es el cultural. Hay una gran correlación entre la geografía de los 62 grupos étnicos de México y la distribución que tienen las razas nativas de maíz.

Los maíces no sólo están adaptados a condiciones extremas de producción, también han sido mejorados para lo que requieren los grupos étnicos: por ejemplo, las tlayudas –las tortillas oaxaqueñas grandes– solamente se pueden hacer con la raza bolita; y el totopo oaxaqueño solamente se puede preparar con la raza zapalote chico. Si uno toma un maíz cónico o una raza tuxpeña y quiere hacer cualquiera de los dos, no se puede, porque esto es como los vinos y los quesos franceses.

También estos grupos étnicos inventaron la nixtamalización, gracias a la cual el maíz es un alimento que no produce pelagra (deficiencia de niacina).

Los colonizadores se llevaron el maíz de México a Europa y muy rápidamente se adaptó y le ganó al trigo, a la avena, a la cebada, pero los españoles no se dieron cuenta de que había que llevarse también la nixtamalización y apareció la pelagra, la enfermedad de las tres D (dermatitis, diarrea y demencia) que lo mata a uno en cinco años si no come proteínas alternas. En México no ha habido pelagra y la razón de ello es la nixtamalización. Todo esto es una contribución que han hecho las 300 generaciones de habitantes mesoamericanos.

Los 62 grupos étnicos han creado más de 600 platillos con base en el maíz, en su mayoría nixtamalizado, y más de 300 tipos de tamales. De la ingesta de energía, 60 por ciento viene del maíz, así como 40 por ciento de la ingesta de proteína de la dieta nacional también tiene su fuente en el maíz.

El agroecosistema mexicano se caracteriza por la heterogeneidad de su relieve: de menos de 1 200 hasta 3 mil metros sobre el nivel del mar; de su cociente de precipitación/evaporación: desde condiciones en que llueve la mitad o menos de lo que se evapora, hasta condiciones en que llueve dos veces o más de lo que se evapora, y riego.

También contamos con periodos de crecimiento desde muy precoces, muy breves, hasta muy grandes; y los niveles de fertilidad de los suelos abarcan desde los predominantemente pobres, hasta los medianamente ricos.

La biodiversidad del maíz es de 59 razas nativas con muchos miles de poblaciones, a esto le llamamos “diversidad intrarracial”. Ahora hay, también, una gran biodiversidad entre los amigos y los enemigos naturales del maíz. El maíz tiene en México 75 enemigos, son 75 plagas, muchas de las cuales coevolucionaron con el maíz. Es decir que la biodiversidad que tenemos en el maíz también la tienen el gusano cogollero, la gallina ciega. Las diferentes plagas que atacan al maíz también son muy variables, y esto tiene implicaciones en el uso de *Bt* para controlar estas plagas.

Asimismo, hay amigos del maíz, o sea, parasitoides de plagas, entomopatógenos, etcétera, que son enemigos de las plagas. Todo eso se ha desarrollado aquí y tenemos un arsenal que hemos subutilizado y ahora creemos que contra el uso de agropesticidas, agroplaguicidas, la única alternativa es el *Bt* y no es cierto. Hay otras, hay varias más, una de ellas es el control biológico.

Hay unidades de producción muy variables en tamaño, a diferencia de las existentes en los Estados Unidos, Canadá y Argentina. Cerca de 70 por ciento de las unidades de producción en México, todas agrícolas, tienen menos de 5 hectáreas, y solamente 10 por ciento, 144 mil unidades de producción, tienen más de 50 hectáreas. Esto explica la enorme diversidad del agroecosistema.

La estructura agrícola es bimodal: por un lado, grandes unidades de producción (agricultura industrial), como las que tenemos en Sinaloa, y por otro, una gran cantidad de pequeñas unidades de producción (agricultura campesina).

Difícilmente la megadiversidad del agroecosistema de maíz de México podría ser dominada por un pequeño número de materiales mejorados, transgénicos o no, para satisfacer, a la vez, la seguridad alimentaria de México, que es lo que más nos preocupa, y los usos culturales del maíz como alimento.

En cuanto a los usos culturales del maíz como alimento, ¿qué, vamos a tener seguridad alimentaria y vamos a comer tortillas de Wal-Mart en todo el país? ¿Eso es lo que queremos? Nosotros somos un país pluriétnico, pluricultural, y deberíamos proteger toda esa biodiversidad que existe.

Sabemos que la biodiversidad genética e inter e intrarracial es vital para ambos objetivos, así como para la humanidad.

Sería un autoengaño insistir en que la tecnología del ADN recombinante en su etapa actual sea compatible con la diversidad genética inter e intrarracial de las razas nativas de maíz que tenemos en México. No es compatible.

Los consorcios multinacionales han prometido al Poder Ejecutivo mexicano que, sin destruir el tesoro de la gran biodiversidad que tenemos, van a dar apoyo estratégico para producir un megaexperimento de maíz transgénico –sin retorno– con el que lograrían la seguridad alimentaria y grandes ahorros en los costos de producción para los productores; grandes ahorros en inversión pública, porque ya no sería prioritario gastar en investigación agrícola ni en extensivismo: los consorcios multinacionales se van a hacer cargo de eso. ¿De veras no será necesario?

Sólo requieren que los dejen producir la semilla de maíz transgénico. Pero eso sí, quieren protección contra la piratería, y la piratería como ellos la definen involucra a los mismos campesinos. Hay muchos productores de tipo campesino conocidos porque venden su maíz; si los consorcios multinacionales demuestran que los productores campesinos tienen un contaminante, los acusan de piratería.

Ahora, además de combatir al narcotráfico, van a usar a nuestro ejército para combatir a nuestros campesinos, por ser piratas de los transgénicos.

Potencial productivo de maíz en México

En el INIFAP hemos estudiado el potencial productivo del maíz de México con tecnologías y nuestras conclusiones actualizadas son que podemos producir 32 millones de toneladas al año: el consumo aparente

actual es de 32 millones. Tenemos una posibilidad enorme de expansión en el sur-sureste del país, ahí tenemos las dos terceras partes de toda el agua dulce de México.

Potencial productivo de maíz en la primera mitad del siglo XXI en México (tecnología no transgénica)

Escenario	Producción en millones de ton./año
Actual*	33.0
Más de 1 millón de ha del sur-sureste bajo riego	8.0
Más de 2 millones de ha bajo manejo agropecuario con riego en el sur-sureste	16.0
Total potencial	57.0
Consumo aparente actual	32.0

* Con 6.5 millones de hectáreas cosechadas bajo temporal, más 1.5 millones bajo riego.

En los ríos Papaloapan y Grijalva, entre otros, tenemos mucha agua, y cerca de ahí podemos sembrar maíz en el ciclo de otoño-invierno, siempre y cuando las tierras sean habilitadas con sistemas hidrológicos, con infraestructura hidráulica. Si se argumenta que eso es muy caro, también lo fue desarrollar toda la obra hidráulica de México desde antes de 1980, que se hizo con préstamos internacionales, y se pagaron perfectamente bien. De modo que es algo que podríamos hacer, porque ése es el recurso que más abundantemente tenemos: agua dulce en el Trópico.

El potencial total de producción de maíz es de 57 millones de toneladas; consumimos 32 en la actualidad, probablemente en 2025 subamos a 40, pero tenemos tiempo para desarrollar y cosechar esto.

Si todo el país fuera sembrado con cultivos de maíz transgénico, ¿eso ayudaría a la producción del maíz?, ¿la aumentaría o la agravaría?

Sinaloa es una zona de riego que tiene 504 809 hectáreas, produjo 4.7 millones de toneladas en el periodo 2005-2008 y rinde 9.8 toneladas por hectárea con maíz híbrido. Por cierto, maíces híbridos proporcionados por las mismas multinacionales, pero maíces

Producción actual con germoplasma nativo

Estado	Condición promedio 2005-2008	Superficie cosechada (ha)	Producción (ton)	Rendimiento (ton/ha)
Sinaloa	riego	504 809	4'708 764	9.80
Zacatecas	temporal	202 367	195 066	0.92
Durango	temporal	58 968	37 429	0.64
Oaxaca	temporal	440 612	511 600	1.16

híbridos no transgénicos, y ya con ellos llegamos a una producción de 10 toneladas por hectárea.

Zacatecas siembra 200 mil hectáreas y cosecha 195 mil; Durango siembra 58 mil y cosecha 37 mil; y el rendimiento promedio es 0.92 y 0.64, respectivamente. Si uno de los híbridos que tienen las multinacionales se sembrara en Zacatecas –en donde el ciclo de crecimiento nada más es de 110 días, y donde solamente una raza como la cónica alcanza a sembrarse y a cosecharse–, si metiéramos ahí un híbrido que requiere un periodo de tiempo mayor, en esas condiciones de temporal, porque no hay agua, la producción del maíz híbrido transgénico sería nula.

Conclusiones

El campo mexicano cuenta con los recursos para sostener la seguridad alimentaria con tecnología no transgénica; el subsector agrícola en pequeño puede jugar un papel clave en los ámbitos de producción

de alimentos y manejo de recursos fitogenéticos de los que México es centro de origen y de diversidad. Se requiere invertir en infraestructura, investigación, transferencia de tecnología, servicios, y extender indefinidamente la moratoria al cultivo de maíz transgénico.

Si fuéramos un país como Japón, o como Israel, ya hubiéramos desarrollado toda la infraestructura en el sur-sureste de México. Por cierto, los árabes ya están comprando tierras en varios países, y podrían venir aquí a comprarnos nuestras tierras para producir con nuestros propios recursos los alimentos que ellos requieren. Esto lo podemos hacer nosotros, pero con un plan de desarrollo del país a varios años.

¿Qué, las madres mexicanas ya no han vuelto a procrear a más Juárez, a más pensadores, a más Cárdenas? Yo creo que sí los hay, ¿y por qué no nos levantamos y nos ponemos a defender lo que es nuestro?

Control biológico de las plagas agrícolas mediante sus enemigos naturales *versus* tecnología transgénica

Dr. Fernando Bahena Juárez*

La estrategia de manejo de plagas que se llama control biológico es muy antigua, de hecho su uso viene desde mucho antes de que existieran los plaguicidas. Era la estrategia en la que más se apoyaban los campesinos para manejar sus plagas.

El problema es que con el auge de la revolución verde, o la agricultura industrial, se enseñó a los campesinos que los problemas por plagas en la agricultura solamente se podían resolver satisfactoriamente con plaguicidas. Eso ha minimizado el efecto benéfico de muchos organismos que nos ayudaban en la agricultura. Nosotros, ante esta avalancha que se viene ahora con los transgénicos, creemos que el control biológico de plagas es una herramienta que se debe revalorar. Hay evidencias reales sobre la efectividad de esta estrategia.

He escuchado que con los cultivos transgénicos se va a reducir el uso de plaguicidas. Esto es una verdad a medias o que lleva cosas ocultas. Yo no creo que la gente que promueve el uso de estos cultivos genéticamente modificados tenga esas intenciones. Hay evidencias de que esto no ha sido así, por ejemplo, en Argentina, en los últimos años, el uso de plaguicidas se ha elevado tremendamente.

No creo que los intereses que ahora están promoviendo el uso de transgénicos lleven esa buena intención. Sabemos que esos mismos intereses son los que han llenado el campo mexicano de plaguicidas. Algunos datos recientes indican que tenemos autorizados más de 5 mil plaguicidas para ser aplicados en la agricultura en México. La mayor parte son aplicados cuando mucho en 20 cultivos. Ahí es donde se está yendo todo ese producto. Cada año el uso de plaguicidas nos deja en el campo 6 mil toneladas de envases; algo

así como 50 millones de envases de plástico que quedan tirados en el campo. Hay una contaminación tremenda.

Quienes sostienen que los transgénicos son la mejor alternativa, son los mismos que nos han estado llenando de todo ese veneno el campo mexicano. Entonces, yo no les creo. Pienso que para nuestras condiciones hay otros caminos para resolver los problemas generados por plagas en nuestra agricultura.

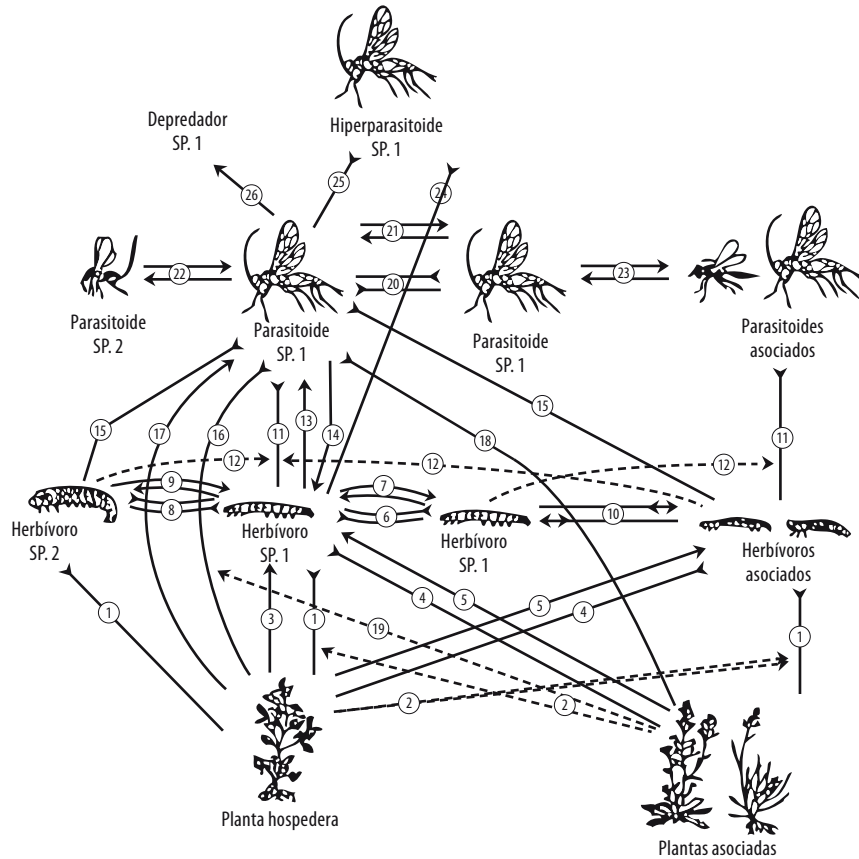
En México hay un dato interesante: existen alrededor de cincuenta y siete insectos que se alimentan del maíz, pero se les ha querido poner a todos la etiqueta de *plagas*. Son especies que comen de la planta, pero el término *plaga* es un término económico que en la naturaleza no existe. Las plagas se convierten en tales cuando empiezan a afectar económicamente al productor. Es entonces cuando está ocurriendo un daño económico y se tiene que tomar alguna medida para resolverlo. Mientras, son sólo insectos que andan comiendo por ahí como herbívoros, como ocurre con tantos insectos en la naturaleza.

¿Por qué se ha querido etiquetar a todos como plagas? Porque se le ha enseñado a la gente que inmediatamente que detecte un bicho en su cultivo, debe aplicar un producto plaguicida. Entonces nos encontramos ahora con agricultores que ya ni siquiera lo aplican en el maíz, ahora empiezan a aplicarlo también porque hay que limpiar los alrededores del cultivo o en otros sitios, en forma innecesaria, con argumentos totalmente injustificados.

Ahora le dicen a la gente que hay que eliminar plantas cercanas al cultivo a pesar de que muchas de ellas son útiles. Por ejemplo, hay unas plantas que tienen flores amarillas y que son fuente de alimento de enemigos naturales que después regresan al cultivo y nos ayudan a controlar las plagas. Incluso nos van a traer un maíz resistente a herbicidas, para que más fácilmente podamos eliminar este tipo de plantas, muchas de ellas útiles para nosotros.

* Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) / Unión Nacional de Científicos Comprometidos con la Sociedad, A.C.

No todos los insectos son plaga



Lo que se ha pasado por alto, y que no se quiere ver pero existe, es que en el campo, junto al maíz, junto a las plantas cercanas, junto a los insectos que se comen el cultivo, también hay un grupo importante de insectos que están interactuando con ellos. Muchos de estos insectos no pueden verse a simple vista pero están ahí haciendo ese papel que se reconoce en especies más grandes, como el que si se quitan los búhos aumentan los roedores. Algo así pasa en la agricultura, si quitamos insectos benéficos aumentan las plagas, porque ellos se encargan de regular la población de los insectos dañinos.

Del total de insectos que comen del maíz, no más de 10 especies llegan a ser importantes en algunas regiones de México, y todos los demás no llegan a ser plagas importantes, en gran medida, por la actividad de estos

insectos benéficos que regulan las poblaciones en forma natural.

¿Cuáles son los insectos benéficos? Hay una gran cantidad, como la avispa *Trichogramma*. De hecho, uno de los programas más importantes que apoyó el Gobierno federal fue la cría y liberación en el nivel nacional de esta avispa. Se invirtió mucho dinero. Hay muchas regiones del país donde se controlan algunas plagas por medio de esta avispa, pero hay muchas más. De hecho, por cada plaga podemos encontrar 10, 20 o 30 enemigos naturales.

Tenemos insectos que se comen a otros insectos y se les llama "depredadores". Hay insectos parásitos de las plagas, o sea que parte de su vida la pasan dentro del cuerpo de una plaga. Tenemos patógenos, como

bacterias, hongos y virus que enferman a las plagas sin que causen un efecto negativo sobre otros organismos. Todo esto es un arsenal que está en forma gratuita trabajando en los campos de los agricultores. Lo que está pasando y lo que nosotros queremos, de algún modo, es que volvamos a tratar de imitar a la naturaleza y revertir el uso de plaguicidas de síntesis química. Debemos entender que en la naturaleza ocurre un equilibrio más o menos constante donde aumenta y baja la población de una plaga y la población de un enemigo natural y ambas especies se mantienen en equilibrio en el tiempo.

Si eliminamos la presencia de los enemigos naturales, inmediatamente la población de la plaga aumenta y la respuesta que nos han ofrecido es aplicar un insecticida. Al aplicar el insecticida, baja la población de la plaga, pero en ausencia de enemigos naturales, otra vez vuelve a aumentar y en forma más agresiva.

Quiero mostrar algunos datos de estudios que hemos conducido durante varios años. Hemos trabajado en Sinaloa, Sonora, Tamaulipas, Jalisco, Colima, Michoacán, Morelos, en todos estos estados hemos hecho muestreos en muchas localidades, muestreos muy extensivos, y hemos encontrado parasitoides, enemigos naturales, insectos benéficos, que en algunos sitios, sólo por dar algunos datos, son capaces de controlar hasta 70-80 por ciento de la población de la plaga.

Parasitismo natural

Lugar	Parasitismo %	Parasitoides
A. Ceva	71.6	<i>Ch. insularis</i> , * <i>E. vitticolle</i> **
A. B. Aires	79.2	<i>Ch. insularis</i> , * <i>P. spinator</i> **
B. La Joya	80.5	<i>Campoletis sonorensis</i> *
B. Cenapros	75.0	<i>Campoletis sonorensis</i> *
C. Ajuno	17.6	<i>Campoletis sonorensis</i> *
C. Pátzcuaro	28.0	<i>Campoletis sonorensis</i> *

A. Zona baja; B. Zona media; C. Zona alta

Obviamente en estos sitios no se están aplicando plaguicidas como normalmente se aplican en la mayoría de los sitios. Entonces, la utilidad que nos dan estos organismos es tremenda, solamente hay que crear las condiciones para dejarlos trabajar. Creo yo

que este es uno de los caminos que nos va a conducir a hacer otro tipo de agricultura y que no necesariamente tengamos que depender o caminar hacia los transgénicos.

Existen dos insectos, *Chelonus insularis* y *Campoletis sonorensis*, que dentro de una gran gama de insectos que hemos encontrado y estudiado como enemigos naturales de las plagas, son nuestros insectos estrella, porque tan sólo estos dos, en varias regiones de nuestro país, por ejemplo en Michoacán, donde yo radico ahora, son capaces de controlar, ellos solos, las poblaciones de gusano cogollero.

Tenemos un proyecto donde estudiamos el desarrollo de un método de cría para poder tener estos insectos disponibles para ser liberados en caso de ser necesario, pero los dejamos trabajar sin tanta aplicación de agroquímicos. Ellos se encuentran cumpliendo ya su función de insectos benéficos en el campo.

Entre más de veinte especies de parasitoides encontrados, las más importantes por su distribución y porcentaje de parasitismo sobre el gusano cogollero en la región del Pacífico de México son: *Chelonus insularis*, un excelente parasitoide para zonas calientes, como el valle de Apatzingán; y el *Campoletis sonorensis*, un insecto para zonas muy templadas, más cercanas al Bajío. También existe el *Cotesia marginiventris*, muy eficiente para las condiciones de Sinaloa. Actualmente contamos con una gran cantidad de estos ejemplares.

O sea, en cada ambiente vamos encontrando insectos con una utilidad muy importante. Y así como encontramos parasitoides, también detectamos muchos depredadores. En este caso son insectos que se comen la plaga, en el anterior son parásitos.

Quiero comentar rápidamente algunas cosas que a mí me llaman la atención respecto a qué pasaría si se liberaran los transgénicos en nuestro país. Se dice que con el maíz genéticamente modificado se va a dejar de aplicar plaguicidas. En realidad el plaguicida probablemente se va a dejar de aplicar en el ambiente en grandes cantidades, pero con el transgénico la planta ya lo va a tener. Entonces el herbívoro, la plaga, ya no va a llegar a la planta o va a llegar en muy

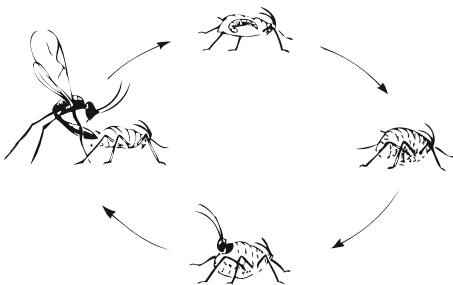
pequeña escala. Si no permitimos que lleguen esos insectos a la planta, mucho menos va a ocurrir que los insectos benéficos lleguen a buscar la plaga.

Este es un problema gravísimo porque estamos atentando directamente contra la población de los insectos benéficos. Si de por sí los plaguicidas los han reducido, si ahora metemos un maíz que ya tiene el plaguicida incorporado, que no va a permitir que llegue la plaga, estaremos alejando más la presencia de los insectos benéficos.

Si no existen los hospederos, como en este caso el gusano cogollero, dejarán de presentarse los insectos benéficos que viven en ellos y se provocará un desequilibrio mayor al que ya existe. Las plagas serán mucho más agresivas de lo que ya son ahora y existirá el riesgo potencial del surgimiento de nuevas plagas. Muchos insectos que están ahora controlados por los insectos benéficos, van a surgir como plagas agresivas o plagas secundarias, que luego se convertirán en plagas primarias. Ése es un problema grave que se generará si seguimos eliminando a los enemigos naturales.

La situación no es difícil de entender. En seguida se presenta un diagrama del ciclo de vida de un parasitoide. Para estos insectos, la única función en su vida es parasitar a otro insecto, en este caso a una plaga. Y parte de su vida la va a pasar dentro del cuerpo de la plaga. Si nosotros quitamos la plaga, al no permitir que ésta tenga de dónde alimentarse, es decir, con plantas que traen un tóxico (plantas transgénicas), los insectos parasitoides no van a llegar por falta de sus hospederos y se van a retirar los enemigos naturales.

Ciclo de vida de un parasitoide



La ausencia de los enemigos naturales favorecerá invariablemente el incremento de plagas secundarias o plagas ocasionales que podrían llegar a convertirse en plagas primarias y con ello nuevamente la solución será más aplicación de plaguicidas.

La otra visión, sobre la que no pienso abundar mucho, es precisamente esa visión reduccionista de pensar que una plaga se controla con un plaguicida o una plaga se controla ahora con un cultivo transgénico que trae incorporado el plaguicida: ya está muy demostrado que eso lleva al fracaso. La plaga, tarde o temprano, rompe esas barreras y evoluciona a otra forma que puede ser más agresiva. Nosotros no creemos en ese reduccionismo. El problema de plagas debe atenderse desde distintos puntos de vista y uno de ellos es el aprovechamiento de los enemigos naturales de las plagas, pero claro que también hay que crearles los ambientes favorables como la no aplicación de plaguicidas y agroecosistemas más diversificados.

Hay una gran cantidad de opciones de plaguicidas biológicos con mucha especificidad, entre ellos el mismo *Bacillus thuringiensis* (*Bt*) que se vende y se aplica como un insecticida químico y es una herramienta muy útil para los productores de todo tipo, sobre todo de los que están transitando hacia una agricultura orgánica o sostenible.

Entonces, un problema se va a resolver por acciones conjuntas dirigidas a crear un ambiente más diversificado que favorezca la regulación de poblaciones insectiles tanto de dañinos como de benéficos y no sobre el control de un solo insecto plaga.

El otro punto que quiero comentar es el del desarrollo de la resistencia. Tarde o temprano, ante tanta presión de selección, se va a desarrollar resistencia a la plaga. Existen muchas evidencias científicas que demuestran cómo, en un ambiente de presión de selección, las especies siempre van a tender a romper esas barreras y crear poblaciones resistentes al factor que las está inhibiendo.

La resistencia ya se explicó, es un proceso de selección donde después de varias generaciones vamos a tener una población completamente tolerante. Y cuando hay poblaciones resistentes, lo que se hace es aplicar

más plaguicida, hacer mezclas de productos y todo eso repercute, sobre todo, con impactos indeseables que provocan las aplicaciones de los plaguicidas.

Hay en nuestro país muchísimos agricultores que manejan su cultivo en forma convencional, sin transgénicos, a quienes no les interesan los transgénicos y quieren producir un maíz de buena calidad. Esos agricultores están aplicando contra plagas que son larvas de lepidópteros un insecticida a base de *Bt*.

Si tenemos cultivos transgénicos que desarrollan plagas resistentes, estas plagas después van a llegar con este productor al que no le interesan los transgénicos, que está aplicando en su estrategia de manejo un insecticida a base de *Bt*. En este caso, a este productor ya no le va a servir de nada aplicar ese producto, porque las poblaciones resistentes que lleguen a su cultivo no las podrá controlar y entonces el uso y aplicación de un insecticida biológico que antes le era muy útil ya no va a servir para nada.

¿Quién está protegiendo a ese productor? Es un productor orgánico, es un productor de vanguardia, que quiere mejorar la producción de alimentos en el país, y va a estar completamente desprotegido.

En el INIFAP estamos trabajando con un proyecto de labranza de conservación. La labranza de conservación tiene tres principios básicos:

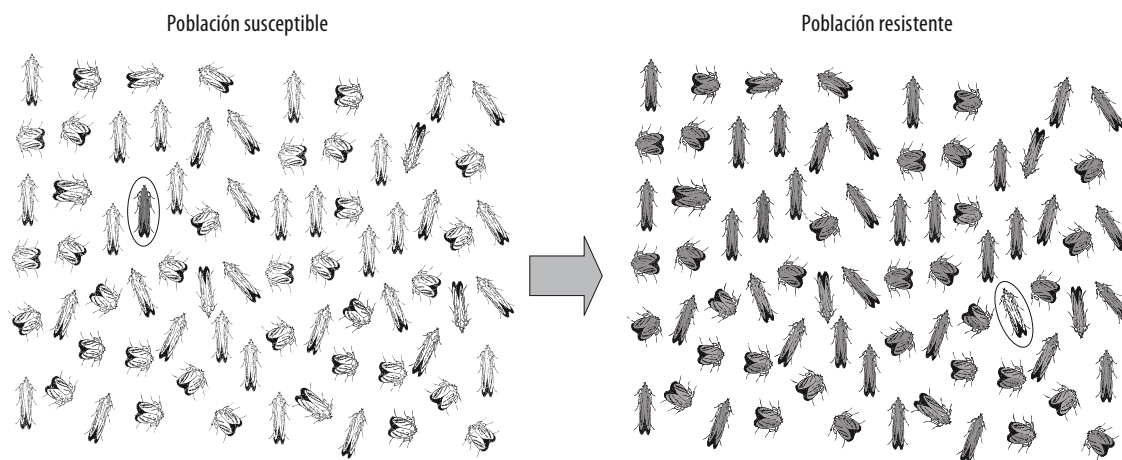
1. No hay que mover el suelo, hay que hacer siembra directa para el control de problemas de erosión.
2. Hay que incorporar residuos vegetales del cultivo anterior para recuperar nutrientes, estructura y biodiversidad en nuestros suelos.
3. Hay que hacer rotación de cultivos.

Estos son principios básicos de la labranza de conservación. Nosotros le decimos a la gente –este proyecto lo tenemos en la zona del Bajío, Michoacán y Guanajuato– que cuando termina el ciclo de cultivo, cuando han cosechado, parte de la cosecha, la masa vegetal se deja en el suelo.

Durante otoño-invierno se cultiva trigo y después de la cosecha queda paja de trigo y sobre la paja de trigo se siembra el maíz; para el caso de primavera-verano se deja maíz y sobre el rastrojo se siembra el trigo. En ambos casos se van incorporando los residuos vegetales en el suelo.

A nosotros nos preocupa qué va a pasar si esos residuos de maíz que traen incorporado el *Bt* o el herbicida son incorporados en el suelo. Ése es un problema que consideramos grave, porque una de las cosas que defendemos es que al dejar residuos vegetales aumenta la cantidad de materia orgánica y ésta vuelve a darle vida al suelo. Pero si ahora vamos a tener un suelo con una toxina, algún problema puede haber con esto.

Desarrollo de resistencia. Escenario después de varias generaciones



Conclusiones

Finalmente, quiero mencionar algunas conclusiones generales que yo veo ante este problema:

1. En principio, con la liberación del maíz genéticamente modificado, se sospecha de un impacto negativo sobre la biodiversidad funcional (enemigos naturales), que genere mayores problemas de los que pretende solucionar.
 2. Existe un conocimiento generado a lo largo de los años por muchos investigadores mexicanos, el cual ofrece alternativas para el manejo de plagas en forma sostenible y sin comprometer la soberanía alimentaria.
 3. El descubrimiento de especies benéficas nativas está plenamente sustentado y junto con otras herramientas ecológicamente compatibles y de probado éxito, permite a los productores de maíz en México controlar sus plagas sin uso de plaguicidas de síntesis química y sin cultivos transgénicos.
 4. Creo que es importante fortalecer el apoyo económico para los investigadores mexicanos que trabajamos en condiciones muy desventajosas frente a las compañías transnacionales.
 5. Finalmente quiero, por la gravedad que yo veo desde mi área de trabajo, solicitar que en tanto no se demuestre el impacto negativo que tendría el cultivo de maíz transgénico sobre las poblaciones de organismos benéficos, no se permita su establecimiento a cielo abierto. Creo que hay que estar totalmente seguros de que no ocurrirán esos impactos que yo estaba comentando, antes de permitir o autorizar esas liberaciones.
-

Aspectos socioeconómicos y riesgos del uso de la ingeniería genética en México: el caso del maíz transgénico

Dra. Elena Lazos Chavero*

En múltiples foros académicos y políticos, la tecnología se ha planteado como la solución a nuestra problemática rural. Incluso en este foro escuchamos en voz de un investigador biotecnólogo nuevamente esta premisa. Si bien las innovaciones tecnológicas pueden tener resultados exitosos, debemos tener claro que si los cambios tecnológicos no están adecuados a las características ecológicas o a los factores sociales y económicos de la región, los efectos desembarcarán en fracasos rotundos. En este sentido, ciertas premisas falsas se han convertido en grandes mitos que manipulan a la población.

Premisas falsas en la agricultura

Quiero reflexionar sobre algunas de estas premisas falsas con el objetivo de demostrar que no necesitamos la introducción de maíz transgénico para solucionar nuestra problemática rural. Para ello, debemos desarrollar nuestra memoria histórica y recordar los grandes fracasos tecnológicos que el campo mexicano ha vivido desde 1960: altas tasas de deforestación impulsadas por el Programa Nacional de Desmontes, los diversos programas de ganadería en el trópico (*i.e.* Proderith), la Ley Federal de Reforma Agraria que exigía la conversión de bosques y selvas, la revolución verde que introdujo fertilizantes y herbicidas.

A pesar de las grandes inversiones y de los tantos planes y programas llevados a cabo, nuestro campo vive en la miseria y nuestro país ha perdido la soberanía alimentaria y los recursos naturales, en particular, sus selvas y bosques. Tendríamos entonces que hacer un riguroso balance de los resultados a largo plazo del conjunto de estas innovaciones tecnológicas. Varias investigaciones nos recuerdan las tragedias del Plan Balancán-Tenosique, del Plan Chontalpa, del Plan Uxpanapa.¹ En estos sucesos debemos tener claro que

las empresas que promovieron la revolución verde y cuyos resultados fueron efímeros, son las mismas que están planteando la introducción de los maíces transgénicos.

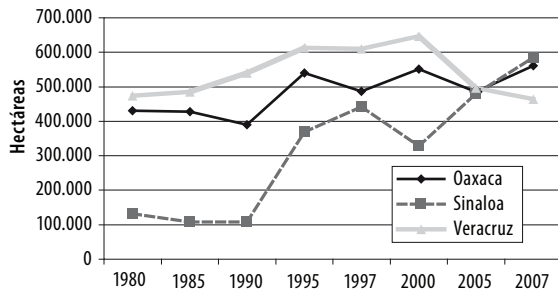
Por tanto, esta primera premisa, donde la tecnología es vista como la panacea para nuestra problemática agraria, es falsa. La tecnología está inmersa en una matriz de condiciones ecológicas y de factores sociales, económicos, culturales y políticos que deben considerarse para evaluar las ventajas y desventajas de *toda* innovación tecnológica.

En este sentido, tenemos que analizar cuidadosamente la fuerte producción agrícola existente en los estados del norte de nuestro país, particularmente en Sinaloa (gráficas 1, 2 y 3). Los grandes agricultores sinaloenses proyectaron, en sólo una década, un fuerte crecimiento tanto en la superficie como en la producción de maíz. Si antes Sinaloa gozaba de una diversidad de cultivos, actualmente se ha convertido en un *monocultivador* de maíz. En comparación con otros estados, Sinaloa ha despegado fuertemente en la producción maicera dejando atrás a otros estados (gráficas 1 y 2). Si para 1990 Veracruz y Oaxaca cultivaban superficies mayores de maíz (hasta 6 veces más) que Sinaloa, en sólo una década Sinaloa llega a superar la superficie de estos estados y a cuadruplicar su producción (gráficas 1 y 2). Su sistema productivo está basado en una tecnología totalmente externa ya que depende del paquete tecnológico ofrecido por las compañías transnacionales y de la irrigación extrema sobre la cual muchos de los académicos de la Universidad Autónoma de Sinaloa han alertado, ya

* Instituto de Investigaciones Sociales, UNAM / Unión Nacional de Científicos Comprometidos con la Sociedad, A.C.

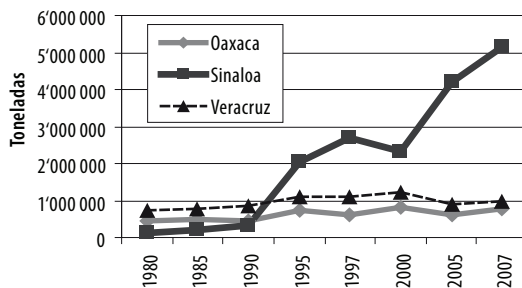
¹ Existe una amplia bibliografía en el mundo de múltiples programas y planes financiados por el Banco Mundial o por el Banco Interamericano de Desarrollo cuyos resultados se percolaron por los suelos salinizados y la población rural quedó endeudada y desprovista de sus prácticas agrícolas tradicionales por haber sido consideradas como obsoletas.

Gráfica 1. Superficie cosechada de maíz: Oaxaca, Sinaloa, Veracruz (1980-2007)



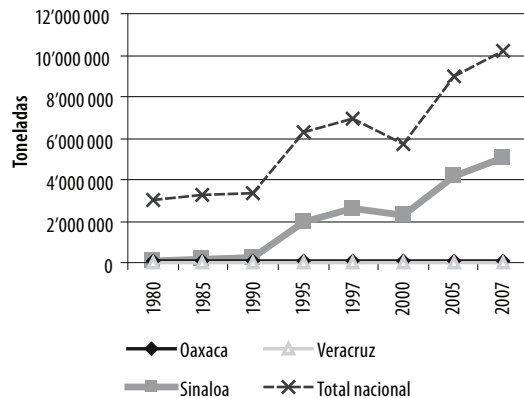
Fuente: Siacon.

Gráfica 2. Producción de maíz: Oaxaca, Sinaloa, Veracruz (1980-2007)



Fuente: Siacon.

Gráfica 3. Producción de maíz bajo riego (1980-2007)



Fuente: Siacon.

que los mantos freáticos se están sobreexplotando (gráfica 3).

Debemos tener claro que la total dependencia tecnológica de los productores respecto a compañías transnacionales y al riego pone en una fragilidad y vulnerabilidad agrícola al estado. Incluso, los productores de la CAADES (Confederación de Asociaciones Agrícolas del Estado de Sinaloa) se autodenominan ya no como agricultores sino como meros maquiladores para la industria agroalimentaria transnacional. Dejo en la mesa esta reflexión para considerar: ¿qué tipo de agricultura queremos para nuestro país? ¿Queremos una agricultura altamente vulnerable y dependiente de la industria transnacional, o queremos desarrollar una agricultura en vías de una sustentabilidad y de una soberanía alimentaria?

Una segunda premisa para analizar es la que establece que la insuficiencia agrícola radica únicamente en la producción. Dos premios Nobel en economía nos brindan lecciones en este postulado: la insuficiencia agrícola depende tanto de la producción como del control de su distribución. Es decir, las políticas de precios, la política de subsidios y la toma de decisiones sin entender los mundos rurales, son aspectos fundamentales que deben considerarse para garantizar una soberanía alimentaria. Las investigaciones del profesor Amartya Sen nos demuestran que las hambrunas no surgen por falta de producción, sino que se fincan en problemas de inequidad en la distribución. Otra estudiosa que también ha recibido un premio Nobel, la doctora Elinor Ostrom, nos plantea que la problemática rural estriba principalmente en la legitimidad de las instituciones sociales que regulan el territorio y el acceso a la tierra y a los recursos naturales y, por lo tanto, el problema rural estriba en entender los conflictos sociales, ambientales, políticos y culturales que van llevando a un deterioro regional. Para estos dos premios Nobel, la tecnología no resuelve ninguna problemática y, por el contrario, puede exacerbar las contradicciones entre actores sociales que lleven a mayores desigualdades y, por ende, a mayores conflictos.

Por tanto, sostener que la introducción del maíz transgénico en México traerá beneficios a la agricultura mexicana es una premisa falsa pues no se han

considerado seriamente las características ecológicas de nuestro país (*i.e.* germoplasma nativo, tipo de suelos, topografía) ni los factores socio-económicos (grandes desigualdades en el campo, monocultivos, policultivos, minifundios, latifundios, falta de créditos y de subsidios para el campo, altas tasas migratorias, ausencia de asesorías técnicas por parte de instituciones públicas), ni las características culturales (alta agrobiodiversidad, incluidas 59 razas de maíces nativos, prácticas agrícolas, alimentación tradicional, conocimientos y saberes), ni el contexto político (abandono político del campo). Por tanto, tratar de solucionar con tecnología una crisis rural que viene desde la política agraria de la década de 1980, ahondada por el regalo del capítulo agrícola en la firma del Tratado de Libre Comercio de América del Norte (TLCAN), es no sólo erróneo sino irrisorio. Lo más grave es que en estos “ensayos políticos” se están involucrando millones de familias rurales y nuestra agrobiodiversidad.

La tercera premisa gira en torno a la relación existente entre el tamaño de la superficie cultivada y la rentabilidad económica. En varios foros políticos, se ha planteado que las superficies pequeñas cultivadas no son rentables porque su producción está asociada al autoconsumo. Por esta premisa, los tomadores de decisión sobre la política agraria de este país abandonaron a los pequeños productores. Por ello, se ofrecieron los cultivos básicos (el maíz y el frijol) en el capítulo agrícola del TLCAN. Varios estudios microeconómicos prueban que la rentabilidad económica de la agricultura depende de una matriz interrelacionada de aspectos ecológicos, sociales, económicos, culturales y políticos. El contraejemplo a esta premisa es Suiza, donde cultivan pequeñas parcelas y aun así logran una gran rentabilidad económica, debido a la política agrícola desarrollada en ese país. Otro contraejemplo son los grandes agricultores de Canadá con superficies mayores a las 300 hectáreas, pero que están teniendo graves problemas de endeudamiento y de rentabilidad, incluso con el uso de la canola transgénica.

Esta premisa falsa es muy importante de desenmascarar, pues tenemos que fomentar una política agrícola que brinde alternativas y oportunidades tanto a los pequeños como a los medianos y a los grandes productores de nuestro país. Sus posibilidades, sus

capacidades, sus necesidades son distintas, pero no olvidemos las cifras demográficas. Estamos hablando de millones de familias campesinas. Millones de productores que cultivan pequeñas parcelas tanto para el autoconsumo como para el mercado, pero que podrían, bajo una política adecuada de desarrollo rural sustentable, llegar a producir mucho más para el mercado y esto sin necesidad del maíz transgénico, es decir, sin una tecnología que los haga totalmente dependientes de las compañías transnacionales.

Por tanto, nuestra grave problemática rural está fincada en el camino que los tomadores de decisión, es decir, los legisladores, han seguido. Nuestra crisis rural depende más bien del contexto de la política del desarrollo rural, es decir, la cartera de créditos y de subsidios, el acceso a los mercados, la estructura de precios, el transporte, la construcción de carreteras, el acceso a graneros de calidad, los tipos de cultivos y la asesoría por las instituciones públicas para lograr niveles tecnológicos adecuados a las necesidades de las regiones.

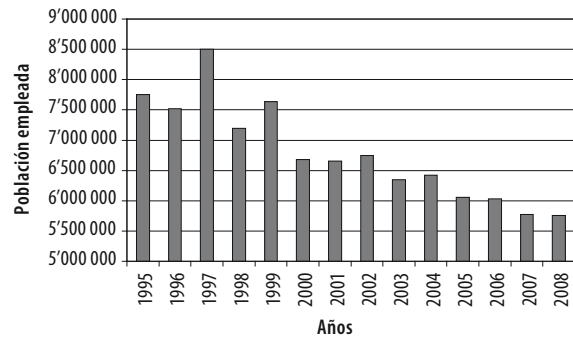
La cuarta premisa ha sido esbozada por las propias compañías transnacionales y es parte de su propaganda. Postulan que el cultivo del maíz transgénico aumenta la productividad y disminuye el uso de agroquímicos. Sin embargo, la gran cantidad de estudios, incluso reportados por el Departamento de Agricultura de los Estados Unidos, establecen que el cultivo de maíz transgénico no aumenta la productividad. Además, desde hace varios años, algunas investigaciones reportan ya la resistencia a plagas en el caso del maíz *Bt* y los efectos acumulativos y letales en el caso de los cultivos transgénicos *Roundup*, cuyo principio activo es el glifosato.²

² En 1996 Monsanto fue acusado de falsa y engañosa publicidad de los productos derivados del glifosato, que acarreó una demanda judicial iniciada por el fiscal general del estado de Nueva York. El 20 de enero de 2007, Monsanto fue declarada culpable de publicidad engañosa por presentar al *Roundup* como biodegradable y alegar que el suelo permanecía limpio después de su uso. Defensores del medio ambiente y de los derechos de los consumidores plantearon el caso en 2001 sobre la base de que el glifosato, el ingrediente principal del *Roundup*, está clasificado por la Unión Europea, como “peligroso para el medio ambiente” y “tóxico para los organismos acuáticos”.

Estas son las cuatro premisas que pululan por diversos foros y que se han convertido en mitos que se manipulan constantemente. Existe un cúmulo de investigaciones, tanto en el nivel nacional como en el internacional, que van demostrando lo falso de estas premisas, entonces, ¿por qué seguimos apostando a una tecnología controlada y manipulada por las grandes transnacionales?, ¿por qué seguimos apoyando la dependencia respecto a las transnacionales y por qué, entonces, no buscamos alternativas propias? En contraste, existen experiencias y bibliografía que brindan alternativas viables económica y ecológicamente para los productores; alternativas que necesitan de apoyos pero que no provocan dependencias externas que vuelven al sistema altamente vulnerable; alternativas que utilizan la rica biodiversidad con que contamos y que mejorarían la dieta actual de la población mexicana.

En Sinaloa se vio un aumento vertiginoso de los rendimientos de maíz que empieza en los años noventa (de 2.5 toneladas por hectárea subieron a 14 toneladas por hectárea), pero los costos de la dependencia tecnológica respecto a las transnacionales y el riego son muy altos (gráfica 3). ¿Hasta cuando podremos mantener este sistema? ¿Cómo podemos compatibilizar los intereses de los grandes productores con la responsabilidad ambiental? Pero aún más importante, a partir de una investigación realizada entre 2002 y 2006, cuyos objetivos eran analizar las percepciones y las acciones de pequeños, medianos y grandes productores tanto en Oaxaca como en Sinaloa sobre la conservación de los maíces nativos y sobre la posible introducción del maíz transgénico, con sorpresa encontramos que la gran mayoría de los productores en Sinaloa ni siquiera conocían los transgénicos. Ellos decían que su problema no era de producción, sino de comercialización, porque tenían en un mes una gran producción y carecían de los canales de distribución suficientes. Por lo tanto, no estaban interesados en el cultivo de los transgénicos. Sin embargo, cuatro años después, en 2006, hay un gran cambio. Encontramos una nueva coalición: productores y transnacionales, incluso la Confederación Nacional Campesina en Sinaloa se vuelve una aliada de Monsanto, declarándose como protransgénica. Esta transformación tan abrupta se debe a la constante publicidad y al ofrecimiento de viajes a los campos de maíces

Gráfica 4. Población empleada en el sector primario (1995-2008)



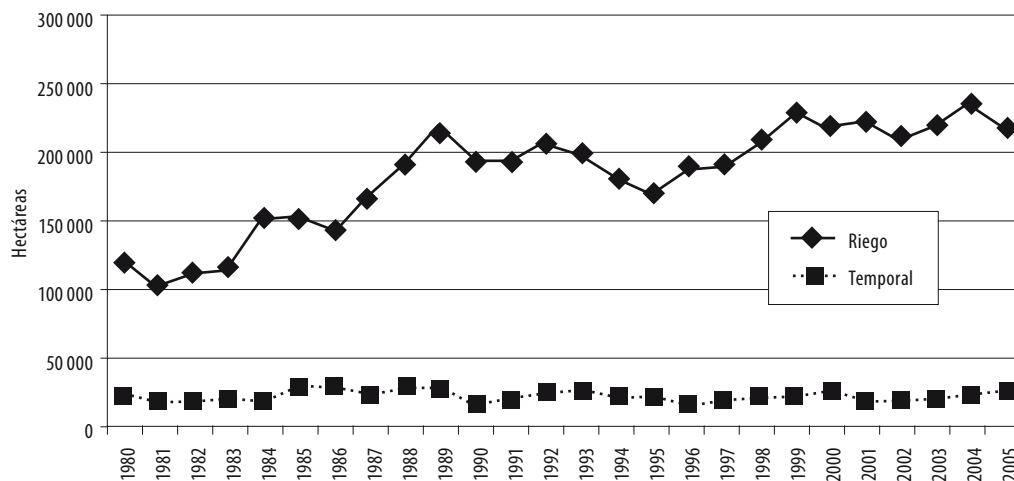
Fuente: Rello y Saavedra, 2007.

norteamericanos. Además, no debemos olvidar la gran cantidad de filiales mexicanas que trabajan para Pioneer o para Monsanto que ofrecen sus servicios de asistencia a los grandes y medianos productores.

Las predicciones del Tratado de Libre Comercio de América del Norte eran que los productores de subsistencia iban a ser los más afectados. En efecto, el mercado de trabajo sufrió una acelerada pérdida de empleos en la agricultura de 1994 a 2000; una migración temporal muy fuerte hacia el norte de nuestra república y hacia los Estados Unidos y Canadá, lo que pone en una alta vulnerabilidad a la población mexicana.

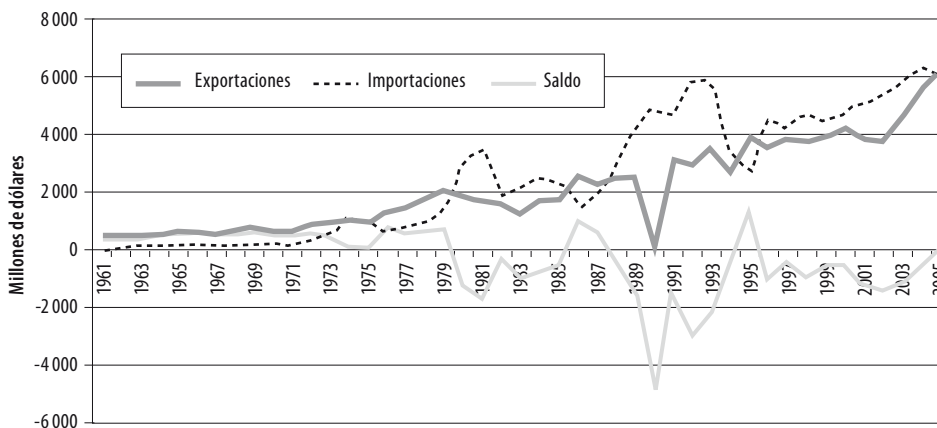
En contraste, desde el TLCAN se predijo un fuerte crecimiento de la superficie y producción de hortalizas, básicamente bajo riego y con el uso de una gran cantidad de agroquímicos. Si bien es cierto que durante la década de 1980 había crecido fuertemente este sector productivo, después de 1990, la producción se estabilizó e incluso ha tenido años de fuerte declive productivo. Es decir, las predicciones de un aumento espectacular en este sector fallaron. Las políticas de importación de los Estados Unidos ponen "barreras" fitosanitarias en las fronteras, lo que alza el costo de exportación de las hortalizas y muchas veces la pérdida de la producción en la frontera. La competencia con otros mercados agrícolas que surten a los Estados Unidos, pero también la competencia desleal con los agricultores estadounidenses, ponen frenos a la producción mexicana de hortalizas.

Gráfica 5. Superficie cultivada de hortalizas (1980-2005)



Fuente: Siacon, 1980-2006.

Gráfica 6. Balanza comercial agropecuaria (1961-2005)



Fuente: Rello y Saavedra, 2007.

Así, el gran crecimiento de este sector no fue tal. El camino productivo fue erróneo. En vez de apostarle a la producción diversificada de cultivos básicos (incluyendo inversiones en el cultivo de maíces nativos) y de cultivos asociados para un mercado interno, las decisiones políticas nos hicieron dependientes en todos los productos de nuestra canasta básica de alimentación.

Hablaban de una balanza comercial agrícola positiva a principios de la década de 1990, pero lo que actualmente tenemos es la tendencia a una balanza comercial completamente negativa y eso va demostrando que el modelo que estamos siguiendo en la agricultura, desde los años 1992-1994, cuando se firma el TLCAN, ha sido negativo no solamente para la mayoría de los agricultores, sino en sí para la agricultura mexicana.

A manera de conclusiones

La política agraria ha producido grandes disparidades entre los agricultores. Claro, hay pocos beneficiados, pero también hay millones de perdedores. Los beneficiados son algunos grandes productores de hortalizas y maíz que además están en otras líneas industrializadas: ellos no solamente dependen de la agricultura, por lo cual podrían tener la independencia de mover sus capitales de la agricultura a otros sectores industriales y, por lo tanto, es un gran error estar apostando solamente a la agricultura del norte. Lo que ellos mencionan siempre es que mientras tengan ganancias se quedan en la agricultura. Pero las empresas transnacionales que controlan actualmente en el norte los procesos productivos mediante todo el paquete tecnológico son las más beneficiadas. No sólo controlan la producción, sino también los procesos comerciales. Los grandes consorcios construyen las grandes bodegas, controlan el almacenamiento; ellos están dando los paquetes tecnológicos y la asesoría a crédito; también controlan el transporte y, por supuesto, los recursos genéticos, los servicios técnicos a través de múltiples filiales mexicanas y, además, ellos mismos son captadores de los subsidios del Gobierno federal. Por lo tanto, van marcando directrices de la política agrícola y desarrollo en nuestro país.

Ahora, siempre se habla de una eficiencia de modelos. El apogeo de la producción de maíz en Sinaloa genera altos costos ecológicos en términos de la sobreexplotación de los mantos por el riego, en el uso de agroquímicos y en la pérdida de la agrobiodiversidad. La *maicificación* ha llevado a una sustitución de otros productos básicos, tales como el trigo, arroz, ajonjolí, garbanzo. Actualmente, los tapetes de monocultivos conllevan una alta vulnerabilidad. Económicamente, tenemos un modelo dependiente. Pero en el polo generado en el otro extremo están los pequeños agricultores que no pueden competir, lo cual representa costos económicos muy altos. Por la estructura de precios, la competencia con los grandes productores pero sobre todo la importación de maíz de los Estados Unidos por debajo de sus costos, orillan a los agricultores a abandonar sus campos. Los costos sociales son exorbitantes: las migraciones de miles de miembros de familias que se separan, los bajos salarios, la falta de seguridad social en el campo, la existencia del trabajo infantil, entre otros.

Los perdedores de este modelo se han acumulado exponencialmente desde la revolución verde. En este sentido, incluso algunos grandes y medianos productores han resentido esta política y han formado el Movimiento Agrícola Sinaloense, quienes están en oposición a los transgénicos, pero también a la dependencia tecnológica y a la dependencia mercantil. Casi no son escuchados realmente en el nivel político, aunque tienen planteamientos y alternativas muy interesantes para cuestionar esta dependencia respecto a las transnacionales y poseen alternativas para grandes y medianos productores.

La gran cantidad de actores en tensión va en aumento, desde los mismos productores con los importadores, las autoridades de instituciones públicas de desarrollo en continuas contradicciones y con discursos divergentes; hay autoridades locales que nos hemos encontrado en Sinaloa o en Oaxaca que pueden tener discursos similares y otros que son totalmente encontrados, incluso entre los mismos municipios de Sinaloa.

Uno de los objetivos de este foro es brindar elementos de reflexión para la toma de decisiones sobre la autorización o prohibición del maíz transgénico en México por parte de los legisladores; pensamos que ustedes tienen una gran responsabilidad: velar por los intereses de la gran mayoría de los productores. Estamos hablando de 21 millones de personas que conforman la población rural agrícola, por lo que debería haber políticas benéficas de desarrollo para este gran sector y así poder conservar el patrimonio de los recursos genéticos para la población mexicana y para la población mundial. Ya han escuchado un cúmulo de información ecológica, biológica, genética para tomar las decisiones correctas. Conocen entonces muy bien los riesgos del flujo génico, contaminando los maíces nativos, riqueza genética de nuestro patrimonio. Saben perfectamente bien que existen otras alternativas y que ninguna opción tecnológica por sí sola podrá resolver parte de la crisis rural.

Desde la década de 1980, las disparidades sociales se han ahondado, el acaparamiento cada vez mayor de las tierras y la pobreza ha aumentado hasta 65 por ciento. La reducción de apoyos para la producción nos ha llevado a un aumento indigno de la migración que

causa inestabilidad familiar. Estas transformaciones nos llevan a la pérdida de la soberanía alimentaria, pérdida del control de nuestros cultivos y, por supuesto, a la pérdida de una rica agrobiodiversidad que brindaba una dieta más balanceada que la actual.

¿Qué han hecho hasta ahora los legisladores? Ha habido una reducción de los créditos de las instituciones públicas bancarias en 76 por ciento desde 1994 hasta 2007; pero se le ha abierto y puesto el tapete a las empresas transnacionales. Es preocupante saber que la inversión pública en la agricultura ha disminuido fuertemente, y Procampo ha perdido 30 por ciento de su valor real.

Realmente, ¿qué apoyos existen para reactivar la producción? Estamos hablando de modelos totalmente inequitativos. Nos tendríamos que estar replanteando toda la política de desarrollo rural y de desarrollo agrícola.

¿Qué significa en términos de riesgo la pérdida de nuestra soberanía alimentaria? Afrontamos una fragilidad ecológica con la siembra de monocultivos y transgénicos, en las cuales estamos jugando con la pérdida de nuestros recursos genéticos y la pérdida de nuestra agrobiodiversidad; una vulnerabilidad social y económica provocada por la dependencia respecto a las compañías transnacionales; la pérdida de oportunidades de trabajo y de construir alternativas con los agricultores mexicanos de manera más sustentable a través de los conocimientos y prácticas locales; la imposibilidad de brindar alternativas con mayores beneficios para las comunidades locales y con nuevos vínculos de responsabilidad entre productores y consumidores; la pérdida de la riqueza agrícola (diversidad de variedades y cultivos) en la alimentación mexicana y, por ende, el desarrollo de múltiples enfermedades crónicas; la pérdida cultural, no sólo culinaria, sino también en los rituales que marcaban calendarios y ritmos de las culturas rurales e indígenas de hoy en día.

Los retos ambientales ante los organismos genéticamente modificados

Lic. Aleira Lara Galicia*

Para Greenpeace, como organización ambientalista global, es de suma relevancia el trabajo sobre la agricultura sustentable y los transgénicos. Tenemos trabajando en este tema 11 años, desde el primer intento de liberación de cultivos transgénicos en el país. Esto nos ha dado una serie de oportunidades para documentar todos los impactos negativos que han tenido los organismos genéticamente modificados y los riesgos que representan.

Se nos pidió que hiciéramos una presentación sobre los retos ambientales ante los organismos genéticamente modificados (OGM). Sin embargo, en Greenpeace consideramos prioritario ahondar en los costos ambientales y socioeconómicos que ya han cobrado los cultivos transgénicos.

Un problema que nos preocupa con especial relevancia es la imposible coexistencia entre variedades transgénicas y nativas; la pérdida de la diversidad genética que estos cultivos, con la liberación al medio ambiente, pueden empezar a acarrear y mucho más en un centro de origen y diversidad genética como lo es México para el maíz y otras especies.

La contaminación transgénica representa un gran riesgo para nuestro país. Además del flujo génico por el polen que es transportado por viento o insectos, en México también se ha alertado del riesgo que tiene el intercambio de semillas, práctica común entre los campesinos.

Un estudio científico de la Universidad de Chicago reportó que el polen puede permanecer 48 horas en el ambiente y polinizar otra planta de maíz, con vientos lentos y moderados. El polen puede transportarse en altas concentraciones hasta un metro de la planta original; a 60 metros una concentración

de 2 por ciento; a 200 metros una concentración de 1.1 por ciento; y a 500 metros entre 0.75 y 0.5 por ciento. En presencia de vientos fuertes el polen de maíz puede volar hasta 180 kilómetros y si es transportado por insectos también puede recorrer grandes distancias.

Se han planteado métodos para evitar la polinización de cultivos transgénicos hacia cultivos convencionales. Estos métodos son:

- ✦ Distancias de separación. Asegurar una separación física entre cultivos transgénicos y no transgénicos para reducir el flujo del polen.
- ✦ La separación temporal. El cultivo transgénico es plantado a un tiempo diferente a los cultivos vecinos de la misma especie cuyo objetivo es prevenir el flujo simultáneo y la polinización.
- ✦ Barreras físicas al flujo génico, por ejemplo, cubrir y retirar las flores, la emasculación de la planta.
- ✦ Barreras biológicas al flujo génico, por ejemplo, esterilidad masculina.
- ✦ Requerimientos de equipo y maquinaria especializados, o protocolos para la limpieza del equipo que es implementado en los campos.

A pesar de estas medidas, la evidencia indica que esta contaminación no ha sido detenida.

Recientemente en Paraná, Brasil, a pesar de que se declaró libre de transgénicos en 2004, se ha presentado una historia de contaminación. Un estudio confirma la presencia de genes transgénicos en un índice de 0.7 a 4.4 por ciento a 90 metros de distancia y un promedio de 1.3 por ciento a 120 metros de distancia de cultivos transgénicos.

Una de las consecuencias de la contaminación transgénica es la pérdida de certificación orgánica, la cual representa pérdidas económicas para los productores y plantea la urgencia de sistemas de etiquetado de las semillas y productos con contenido transgénico. Esto tiene un costo extra para los productores y procesadores de alimento.

* Coordinadora de la Campaña de Agricultura Sustentable y Transgénicos, Greenpeace México.

En agosto de 2006, el Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA, por sus siglas en inglés) anunció que los cultivos de arroz en ese país habían sido contaminados por arroz genéticamente modificado de Bayer con resistencia a herbicidas –llamado LL601– y no aprobado para consumo humano, lo que sacudió los mercados de arroz en todo el mundo. El impacto económico final para la industria estadounidense del arroz fue de entre 741 y 1 290 millones de dólares. El origen de la contaminación sigue sin ser explicado hasta hoy.

En México en 2001 se registró el primer caso de contaminación transgénica en cultivos de maíz en Oaxaca. Al que se suman registros en Puebla, Veracruz, Michoacán, Sinaloa, Distrito Federal (en las delegaciones Milpa Alta y Magdalena Contreras), la cual recientemente reportó el doctor Antonio Serratos, investigador de la Universidad Autónoma de la Ciudad de México (UACM), así como en el estado de Chihuahua, en el cual se encontró no solamente contaminación sino siembra ilegal por tráfico de semillas en la frontera.

Tomamos muestras en Chihuahua y nos encontramos con una problemática más: cómo van a hacer los campesinos o productores de maíz en México para monitorear sus campos. Nuestro país no cuenta con la infraestructura técnica necesaria para la toma de muestras y para pruebas de laboratorio que son altamente costosas.

En México existe solamente un laboratorio certificado para la detección de OGM, el Centro Nacional de Investigación y Capacitación Ambiental (Cenica), el cual no cuenta con capacidad suficiente para realizar un monitoreo nacional. Las posibilidades de los productores de maíz en México también son limitadas, ya que 75 por ciento de la producción maicera en el país está en manos de pequeños productores, campesinos e indígenas sin capacidades económicas para cubrir el costo de los estudios.

La revista *PloS One* dio a conocer un estudio coordinado por la doctora Álvarez-Buylla, el cual reporta casos de contaminación transgénica en Oaxaca, Yucatán, Guanajuato y Veracruz. El estudio plantea que las vías por las que el transgénico pudo llegar a los cultivos son los programas gubernamentales de entrega de

semillas híbridas, como Kilo por Kilo, que operó la Sagarpa entre 1996 y 2001. Una evaluación del programa Kilo por Kilo realizada por la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO, por sus siglas en inglés) y la propia Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (Sagarpa) sugiere que se repartió semilla de dudosa calidad y procedencia.

Una de las principales causas de la contaminación transgénica es la importación de maíz proveniente de los Estados Unidos (cerca de 10 millones de toneladas). Dicho grano no está segregado de variedades transgénicas y no cuenta con un sistema de trazabilidad hacia su destino, el cual debiera ser para fines industriales o para alimentación de ganado. Este maíz ya se encontró en cultivos, lo estamos encontrando también en programas de gobierno y lamentablemente en la mesa de los mexicanos.

Al respecto se han presentado puntos de acuerdo por la Cámara de Diputados para evitar que esta problemática escale; sin embargo, dicha intención se ha quedado en un papel que no incide en la realidad y representa una respuesta tardía.

Otro caso sin resolver es el de Chihuahua, en donde no sólo se denunció siembra ilegal y contaminación, sino también que la semilla que se estaba importando para siembra en el valle Cuauhtémoc contenía presencia de tres variedades transgénicas de Monsanto –MON810, MON863 y NK603–, según los resultados de laboratorio, los cuales presentamos ante a la Procuraduría Federal de Protección al Ambiente (Profeпа) y Sagarpa en octubre de 2007; y no fue sino hasta septiembre de 2008 cuando el Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria (Senasica) reconoció la presencia de únicamente 70 hectáreas de maíz transgénico; desde entonces, no hemos tenido ningún informe oficial.

Esto no sólo fue una denuncia ciudadana, se presentó una denuncia de hechos ante la Procuraduría General de la República y el caso está ahora en la Comisión de Cooperación Ambiental de América del Norte y en la Comisión Interamericana de Derechos Humanos (CIDH), por no haber recibido respuesta de las instancias nacionales.

Metas fallidas

Los cultivos transgénicos han fracasado en repetidas ocasiones porque el elemento que ha sido manipulado genéticamente no tuvo éxito, por ejemplo: plantas que se modificaron para ser resistentes a los insectos, ahora están siendo atacadas por esos mismos insectos.

Existe también un aumento en la desconfianza ocasionada por las pocas aportaciones que han traído los transgénicos, por ejemplo: las plantas tolerantes a herbicidas han provocado que los campesinos en los Estados Unidos deshieran a mano.

Este año *The New York Times* dio a conocer una propagación de malezas resistentes a *Roundup Ready* en los Estados Unidos: al menos 10 especies de maleza resistentes a este herbicida han afectado millones de hectáreas en 22 estados de ese país desde el año 2000.

El *quintonil tropical* se convirtió en una hierba problemática para los productores estadounidenses, ha adquirido resistencia al glifosato y se está expandiendo con rapidez en el sur y medio oriente de los Estados Unidos, invadiendo campos de algodón, soya y maíz *Roundup Ready*.

La presencia de quintonil tropical resistente al glifosato fue confirmada por primera ocasión en Georgia en 2005. Cabe aclarar que el quintonil cuenta con una gran presencia en nuestro país.

¿Cuál es el avance tecnológico o el beneficio que está propiciando esta tecnología?

Esta problemática ha representado un retroceso en las prácticas agrícolas de los agricultores estadounidenses. Ya no pueden combatir esta hierba con herbicida y han tenido que arrancar la hierba con la mano. Las soluciones que se plantean son: grandes cantidades de uso continuo de herbicidas; deshierre a mano y con azadones; incremento en el arado, lo que provoca erosión en la capa superficial de la tierra (para aquellos agricultores que quieren implementar otro tipo de agricultura esto es un perjuicio); y, el uso

de herbicidas residuales que dependen de diferentes químicos para compensar la falla del sistema del *Roundup Ready* para controlar el quintonil tropical en cultivos de maíz, soya y algodón.

Impactos a la biodiversidad

La alta autoridad en Francia basó su prohibición en un estudio acerca del impacto del MON810 sobre la biodiversidad. El maíz *Bt* ha presentado impactos sobre organismos no blanco. Es decir, no solamente está impactando a organismos para los que fue creado, sino que también ha empezado a impactar en otro tipo de organismos: lombrices de tierra, arañas y mariposas monarca.

Recientemente Europa ha tenido un proceso a la inversa del proceso mexicano. Mientras en nuestro país se pugna por liberar esta tecnología, en Europa se empiezan a cerrar las puertas. Los países que documentan este tipo de frenos, moratorias, prohibiciones, son Francia, Grecia, Austria, Luxemburgo, Alemania, debido a las alertas de nuevos estudios científicos.

Fracaso en la promesa de mayor rendimiento

Se ha dicho que los cultivos transgénicos acabarán con el hambre en el mundo. Sin embargo, la Unión de Científicos Preocupados de Estados Unidos dio a conocer un informe en el que se documenta que después de dos décadas de investigación en torno al maíz transgénico y 13 años de comercialización no han logrado incrementar el rendimiento comparado con cultivos convencionales.

Las variedades con tolerancia a herbicidas y la resistente a insectos dejan una mejora marginal de 0.2 y 0.3 por ciento en el rendimiento promedio. Sin embargo, analizando integralmente los costos económicos de este tipo de cultivos, encontramos que no es redituable. Si no tienen mayor rendimiento, no hay una razón suficiente para implementarlos.

Se ha documentado que la semilla genéticamente modificada tiene un costo mayor al de la semilla convencional y también pueden incidir en el aumento de costo de las semillas convencionales. Investigadores

de la Comisión Europea estiman que si la canola transgénica fuera introducida en Europa, la protección de la semilla de canola convencional de la contaminación agregaría 10 por ciento más a la duplicación de costos de la semilla.

Por otro lado, la Evaluación Internacional de Conocimiento, Ciencia y Tecnología de la Agricultura (IAASTD, por sus siglas en inglés), impulsada por el Banco Mundial y por la FAO, la Organización Mundial de la Salud (OMS), el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD), en la cual participaron gobiernos y organizaciones no gubernamentales, así como cerca de dos mil científicos en todo el mundo, concluyó que tiene poco sentido apoyar la ingeniería genética a costa de otras tecnologías que han probado aumentar el rendimiento de los cultivos, en especial en los países en desarrollo.

La IAASTD propone cambios en las políticas nacionales e internacionales de la agricultura basados en medidas relacionadas con la promoción de la función y el conocimiento de los pequeños agricultores, así como una mayor inversión pública para la investigación de la agricultura. Plantea que los cultivos transgénicos no son una opción prometedoras para los retos que la agricultura enfrenta.

Al respecto, la Organización de Naciones Unidas (ONU) ha alertado, en su documento *Perspectiva mundial sobre la diversidad biológica*, que el suministro de comida, fibras, medicinas, agua dulce y la polinización de los cultivos son algunos de los recursos potencialmente amenazados por el deterioro y los cambios en la biodiversidad.

Ante esta problemática los cultivos transgénicos no son la alternativa. La vía está en la diversificación de los cultivos, en la protección de nuestro país como reservorio de semillas, en particular del maíz, lo cual ha sido objeto de un llamado constante por la comunidad científica internacional que ha propuesto técnicas ecológicas, las cuales representan un mejor desempeño por medio de la conservación de germoplasma y reproducción de plantas, incluyendo el uso de una nueva técnica llamada selección asistida por marcadores (MAS, por sus siglas en inglés).

Riesgos para la salud humana y animal

Los transgénicos presentes en nuestra alimentación o en la de los animales, cuyos productos consumimos, no se están evaluando correctamente y su alcance sigue siendo desconocido.

Varios estudios de laboratorio en mamíferos muestran las reacciones que se podrían presentar en humanos:

- ✦ La nueva proteína producida por el gen externo puede provocar alergias.
- ✦ La alteración o inestabilidad de los genes del transgénico puede llevar a la producción de nuevas toxinas en el cuerpo.
- ✦ Se desarrolla resistencia a antibióticos.

Nuevos estudios sugieren que el consumo de transgénicos puede alterar la fertilidad de los consumidores, como ya se demostró en ratas de laboratorio.

En México no contamos con un sistema de etiquetado que permita a los consumidores elegir sus alimentos, por lo que en Greenpeace estamos exigiendo que se respete el derecho constitucional de todo individuo a la información, así como los principios básicos de las relaciones de consumo establecidos en la Ley Federal de Protección al Consumidor.

En los Estados Unidos no se ha permitido la siembra de trigo transgénico, Japón tampoco lo ha hecho con el arroz, por tratarse de sus principales alimentos. ¿Por qué México sí lo permite con el maíz?

El Gobierno mexicano ha autorizado 24 siembras experimentales de maíz transgénico en los estados de Sinaloa, Sonora, Tamaulipas y Chihuahua. Y si permite que esta liberación escale a nivel comercial, se dará un fuerte golpe a nuestra soberanía alimentaria.

Si no tenemos monitoreo adecuado para las importaciones de grano y semilla que ingresan a nuestro país, no tenemos un sistema de etiquetado, no tenemos información básica para el consumidor, en fin, no tenemos un marco de bioseguridad, ¿cómo logrará el Gobierno mexicano implementar cultivos transgénicos en el ámbito comercial sin afectar la producción convencional y las semillas nativas?

Las siembras experimentales de maíz transgénico se están realizando a una distancia de 500 metros de cultivos de maíz convencional. Esto no es aplicable a la realidad de la producción comercial de nuestro país. Mucho menos con las características de la producción que tenemos en México que está en manos de campesinos e indígenas para los cuales el intercambio de semillas es esencial para la conservación y mejoramiento de la misma.

Al respecto, Greenpeace, como organización ambientalista y como parte de coaliciones nacionales como la campaña "Sin maíz, no hay país" y otras redes de consumidores ambientalistas y académicos, ha demandado un verdadero régimen de protección, el cual debe contener como medida fundamental la prohibición de maíz transgénico en territorio mexicano.

Sabemos que la biotecnología puede proponer buenas alternativas para la agricultura, pero en el caso del maíz transgénico los costos son realmente desastrosos con respecto a los beneficios que podría traer.

Debido a que no contamos con un régimen de responsabilidad y compensación por parte de las empresas, los agricultores o los campesinos serán culpados y perseguidos por los casos de contaminación transgénica como ya ha ocurrido en países como los Estados Unidos y Canadá. Las empresas que detentan la patente de las semillas transgénicas no aseguran que no contaminarán otros campos, por lo que el argumento de que cada agricultor tiene la libertad de sembrar, o no, semillas transgénicas es falso.

El maíz transgénico es innecesario, y fue creado con una tecnología burda y riesgosa que amenaza gravemente nuestra salud y el medio ambiente. También es un negocio riesgoso, desde el punto de vista económico.

La mejor opción para los productores agrícolas, gobierno, mercados y consumidores es rechazar el maíz transgénico y asegurar la protección de las razas y variedades tradicionales de maíz, que son de gran importancia para la alimentación global. Hay muchas y mejores alternativas para la producción de maíz,

orgánicas y sustentables, que garantizan la seguridad y la soberanía alimentaria para todos y que protegen el medio ambiente.

Greenpeace demanda al Gobierno mexicano una agricultura sustentable basada en la biodiversidad, que proteja los bosques y otros ecosistemas naturales, reduzca las emisiones de gases de efecto invernadero, promueva la salud del agua y los suelos, use menos fertilizantes y plaguicidas, sea libre de transgénicos y promueva un comercio justo y la soberanía alimentaria para todos.

Fuentes

- ANDROW, David (ed.) (2004): *A Growing Concern: Protecting the Food supply in an era of Pharmaceutical and Industrial*, Union of Concerned Scientists USA, Cambridge [en línea]: <http://www.ucsusa.org/assets/documents/food_and_agriculture/pharma_fullreport.pdf>.
- BALDWIN, Ford (2009a): "Pigweed in Conventional Soybeans", en *Delta Farm Press*, 2 de septiembre [en línea]: <<http://deltafarmpress.com/soybeans/pigweed-conventional-soybeans>>.
- (2009b): "Pigweed predictions becoming reality", en *Delta Farm Press*, 4 de agosto [en línea]: <<http://deltafarmpress.com/management/pigweed-predictions-becoming-reality>>.
- (2009c): "Residuals showed value this year", en *Delta Farm Press*, 23 de septiembre [en línea]: <<http://deltafarmpress.com/residuals-showed-value-year>>.
- BENNETT, David (2008a): "High incidence Arkansas' resistant pigweeds", en *Delta Farm Press*, 11 de abril [en línea]: <<http://deltafarmpress.com/high-incidence-arkansas-resistant-pigweeds>>.
- (2008b): "Resistant pigweed 'blowing up' in Mid-South", en *Delta Farm Press*, 30 de julio [en línea]: <<http://deltafarmpress.com/soybeans/resistant-pigweed-blowing-mid-south>>.
- Center for Food Safety (CFS) (2007): *Monsanto vs U.S. Farmers / November 2007 Update* [en línea]: <<http://www.centerforfoodsafety.org/pubs/Monsanto%20November%202007%20update.pdf>>.
- CHARLIER, Tom (2009): "'The perfect weed': An old botanical nemesis refuses to be rounded up", en *Memphis Commercial Appeal*, 9 de agosto [en línea]:

- <<http://www.commercialappeal.com/news/2009/aug/09/the-perfect-weed/>>.
- CULPEPPER, A.S., T.L. Grey, W.K. Vencill *et al.* (2006): "Glyphosate-Resistant Palmer Amaranth (*Amaranthus Palmeri*) Confirmed in Georgia", en *Weed Science*, 54 (4), pp. 620-626.
- DE VENDÔMOIS, J.S., F. Roullier, D. Cellier, G.E. Séralini (2009): "A Comparison of the Effects of Three GM Corn Varieties on Mammalian Health", en *International Journal of Biological Sciences*, 5, pp. 706-726 [en línea]: <<http://www.biolsci.org/v05p0706.htm>>.
- DUFFY, Michael (2001): "Who Benefits from Biotechnology?", Iowa State University, presentado en la American Seed Trade Association meeting, diciembre 5-7, Chicago [en línea]: <www.leopold.iastate.edu/pubs/speech/files/120501-who_benefits_from_biotechnology.pdf>.
- Greenpeace Internacional (2009): "Agriculture at a Crossroads: Food for Survival" [en línea]: <<http://www.greenpeace.org/international/Global/international/planet-2/report/2009/11/agriculture-at-a-crossroads-report.pdf>>.
- Greenpeace (2007): *How much Bt toxin do genetically engineered MON810 maize plants actually produce? Bt concentration in field plants from Germany and Spain* [en línea]: <http://www.greenpeace.de/fileadmin/gpd/user_upload/themen/genetchnik/greenpeace_bt_maize_engl.pdf>.
- HILL, J., E. Nelson, D. Tilman, S. Polasky, D. Tiffany (2006): "Environmental, economic and energetic costs and benefits of biodiesel and ethanol biofuels", en *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 103: 11206-11210.
- HOLLIS, P. (2009): "Resistant Pigweed: Reduce Seed Bank", en *Southeast Farm Press*, 18 de septiembre de 2009.
- IAASTD, International Assessment of Agricultural Knowledge, Science and Technology for Development (2009): *Agriculture at Crossroads / Synthesis Report* [en línea] <http://www.agassessment.org/reports/IAASTD/EN/Agriculture%20at%20a%20Crossroads_Synthesis%20Report%20%28English%29.pdf>.
- NEUMAN, William y Andrew Pollack (2010): "Farmers Cope With Roundup-Resistant Weeds", en *New York Times*, 3 de mayo [en línea]: <<http://www.nytimes.com/2010/05/04/business/energy-environment/04weed.html>>.
- QAIM, Martin y David Zilberman (2003): "Yield Effects of Genetically Modified Crops in Developing Countries", en *Science*, vol. 299, núm. 5608, febrero, pp. 900-902.
- ROBINSON, E. (2009a): "Triple G pushes yields, efficiency", en *Delta Farm Press*, 22 de septiembre [en línea]: <<http://deltafarmpress.com/triple-g-pushes-yields-efficiency>>.
- (2009b): "Land, labor, water – cotton keys", en *Delta Farm Press*, 3 de septiembre [en línea]: <<http://deltafarmpress.com/cotton/land-labor-water-cotton-keys>>.
- 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. (c. 2007) [en línea]: <http://www.uaex.edu/Other_Areas/publications/PDF/FSA-2152.pdf>.
- SOSNOSKI, L.M., T.M. Webster, J.M. Kichler, A.W. MacRae y A.S. Culpepper (2007): "An estimation of pollen flight time and dispersal distance for glyphosate-resistant Palmer amaranth (*Amaranthus palmeri*)", en *Proceedings of Southern Weed Science Society*, Nashville, 60:229.
- Sumario del reporte científico de EFSA (2005), pp. 27, 1-81.
- VELIMIROV, A., C. Binter y J. Zentek (2008): *Biological effects of transgenic maize NK603xMON810 fed in long term reproduction studies in mice* [en línea]: <http://www.biosicherheit.de/pdf/aktuell/zentek_studie_2008.pdf>.
- ZWAHLEN, C., A. Hirbeck, R. Howeld y W. Nentwig (2003): "Effects of transgenic Bt corn litter on the earthworm *Lumbricus terrestris*", en *Molecular Ecology*, vol. 12, pp. 1077-1086.
- http://reports.eea.eu.int/environmental_issue_report_2002_28/en
- <http://www.bma.org.uk/ap.nsf/Content/GMFoods>
- http://www.greenpeace.org/international/press/releases/seralini_study_MON863
- http://www.gmcontaminationregister.org/index.php?content=nw_detail1
- <http://www.gmo-free-regions.org/>
- http://www.rsc.ca//index.php?lang_id=1&page_id=119

[Clausura]





Intervención del Dip. Cruz López Aguilar; Dip. Héctor Velasco Monroy, Dr. César Turrent Fernández, Lic. Francisco Márquez Aguilar, Dip. Dora Evelyn Triguerras Durón, M.C. Samuel Peña Garza.

Quiero reiterarles mi profundo agradecimiento por su participación en este foro. La discusión y las opiniones vertidas nos permitirán construir esta consulta aprobada en la Comisión de Agricultura y Ganadería que fue el objeto fundamental de este foro.

Estos trabajos nos permitirán contar con elementos que nos lleven a mejorar nuestra capacidad de legislación. En el campo mexicano, al interior de las comisiones unidas del campo, hemos logrado ir formando consensos; aunque es complicado, no podemos cerrarnos, nadie tiene la verdad absoluta sobre ningún tema. A la hora de legislar se tiene que contemplar y se debe tener la sabiduría para que las iniciativas se construyan con el objetivo de que se conviertan en leyes promulgadas, para lo que hará falta necesariamente tomar en consideración los diferentes puntos de vista.

Debemos buscar el respaldo a la investigación y a la experimentación y me parece que tanto las conferencias magistrales como las relatorías que reflejan puntos de vista de los panelistas, y la discusión que aquí se generó, nos van a permitir ir precisando cuáles serán las líneas de investigación en las que hay coincidencia; y así, poder reflejarlas en el Programa Especial Concurrente, en la Estructura Programática y en el Presupuesto de 2011. Yo siento que esto es de

la mayor importancia y es otro de los objetivos que nos fijamos en el pleno de la Comisión de Agricultura y Ganadería. Otro objetivo es que se reconozca, valore e impulse el trabajo que están haciendo las comunidades, los poblados rurales, los núcleos agrarios y también el trabajo y el esfuerzo que se está realizando por medio de la red de custodios de materiales originales, que son fundamentales y que forman parte de la riqueza y de la biodiversidad del pueblo de México.

Nos hemos fijado una serie de objetivos que vamos a escudriñar, a revisar y a procesar con el apoyo y la colaboración del Comité Técnico y con el personal del Centro de Estudios para el Desarrollo Rural Sustentable y la Soberanía Alimentaria, esperamos llegar a reforzar, a apuntalar estos objetivos.

Ahora, si ustedes me lo permiten, quisiera declarar formalmente la clausura del “Foro de Consulta sobre Ingeniería Genética de Organismos Genéticamente Modificables”.

Cruz López Aguilar
Diputado federal por el Partido
Revolucionario Institucional en la LXI Legislatura /
Presidente de la Comisión de Agricultura
y Ganadería de la Cámara de Diputados

*Foro de consulta sobre ingeniería genética de organismos
genéticamente modificables. Memoria*
fue impreso en agosto de 2011.
El tiraje constó de mil ejemplares.

El pleno de la Cámara de Diputados aprobó, a principios de 2010, la Proposición “con puntos de acuerdo por los que se exhorta a la Comisión de Agricultura y Ganadería de esta soberanía a realizar con el Centro de Estudios para el Desarrollo Rural Sustentable y la Soberanía Alimentaria, un foro de consulta sobre ingeniería genética de organismos genéticamente modificables entre los grupos interesados en el tema, especialistas e investigadores públicos y privados” suscrita por integrantes de diversos grupos parlamentarios. En esta disposición, el pleno estableció invitar a productores rurales, consumidores, organizaciones ambientalistas, investigadores, empresas públicas y privadas, universidades y toda persona física o moral que tenga interés en el tema; así como implementar la temática sobre la experimentación con organismos genéticamente modificables, conservación de germoplasma y transgénicos.

En cumplimiento de este mandato, el Centro de Estudios para el Desarrollo Rural Sustentable y la Soberanía Alimentaria (CEDRSSA) y la Comisión de Agricultura y Ganadería diseñaron y llevaron a efecto el “Foro de Consulta sobre Ingeniería Genética de Organismos Genéticamente Modificables”.

Nos sentimos muy satisfechos de presentar al público en general la Memoria de este espacio de reflexión y diálogo generado en el “Foro de Consulta sobre Ingeniería Genética de Organismos Genéticamente Modificables” y esperamos que sea de gran utilidad para las actividades legislativas, académicas y productivas de México y del mundo. Para el CEDRSSA, esta publicación representa una oportunidad de continuar contribuyendo al enriquecimiento de la labor legislativa en tópicos especializados de interés para el desarrollo nacional.

Que el saber sirva al campo