

## Consecuencias de la biotecnología en México: el caso de los cultivos transgénicos\*

*Yolanda Massieu Trigo*

*Michelle Chauvet*

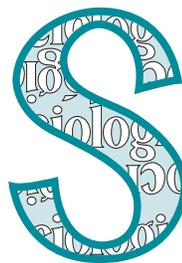
*Yolanda Castañeda Zavala*

*Rosa Elvia Barajas Ochoa\*\**

*Rosa Luz González Aguirre\*\*\**

### RESUMEN

El análisis de los efectos socioeconómicos, ambientales y en la salud humana de la agrobiotecnología cobra una importancia creciente en países como el nuestro, toda vez que ya están siendo sujetos de una gran campaña de promoción. Este trabajo pretende dar a conocer la situación de los cultivos transgénicos en México y sus impactos. El dilema es: ¿hasta qué punto la biotecnología puede considerarse como una revolución tecnológica o es la continuidad del proceso de modernización de la agricultura mexicana? ¿Podemos, como país, tener la capacidad necesaria para hacer un uso racional y adecuado de los cultivos transgénicos? o, ¿podemos quedar fuera de la aplicación de esta tecnología?



\* Este artículo es resultado parcial de una investigación que actualmente se está desarrollando con recursos del Conacyt.

\*\* Profesoras investigadoras del Departamento de Sociología de la Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Azcapotzalco. Correos electrónicos: ymt@correo.azc.uam.mx; ecs@correo.azc.uam.mx; ycz@correo.azc.uam.mx; rebo@correo.azc.uam.mx.

\*\*\* Investigadora del Centro de Instrumentos de la Universidad Nacional Autónoma de México. Correo electrónico: rosacruz@servidor.unam.mx

## INTRODUCCIÓN

EL MUNDO está sufriendo profundas transformaciones debido a un sistema complejo de interacciones, donde la tecnología ocupa un puesto de primer orden, ya que irrumpe en un sinnúmero de ámbitos, trayendo consecuencias de toda índole.

La tecnología, vista como producto de la acción humana, ha sido ampliamente estudiada desde aproximaciones teóricas que centran su análisis en el consumo de bienes y servicios, la aceleración de los flujos económicos, etcétera. Pero la tecnología, además de producto, también es práctica social, donde intervienen técnicas, fórmulas y herramientas en estrecha interacción con aspectos sociales, políticos y culturales que afectan nuestra forma de vivir. De ahí que sociólogos, filósofos y economistas de la ciencia y la tecnología, entre otros, se ocupen de reflexionar sobre su naturaleza y creciente dominio.

Al respecto, Daniel Bell (1976) afirma que "...la tecnología ha creado una nueva definición de racionalidad, una nueva forma de pensamiento, que pone de relieve las relaciones funcionales y las cuantitativas. Sus criterios de actuación son los de la eficiencia y la optimización, o sea, una utilización de los recursos con el mínimo costo y el mínimo esfuerzo."

Esta nueva definición de racionalidad tecnológica, vista como racionalidad instrumental, generó un gran debate en el cual se polarizaron diversas tesis, como por ejemplo aquellas a las que se les ha encuadrado dentro del llamado determinismo tecnológico, por un lado, y las catalogadas dentro del determinismo social y, entre uno y otro, el constructivismo social.

El determinismo tecnológico en su versión positiva u optimista puede ser definido como "...el conjunto de condiciones racionales e

históricas que convierten a la tecnología en el elemento transformador de la sociedad” (Katz, 1998: 41). Eleva a la tecnología como la panacea que resolverá los problemas de la humanidad y le asigna una primacía sobre otros factores en la explicación histórico-social. El cambio tecnológico es el motor del cambio social. Este enfoque en su versión negativa o pesimista consiste en una crítica a la falta de control social sobre la tecnología y destaca las amenazas a la autonomía individual. Los seres humanos han perdido su papel activo y dirigente y obedecen ciegamente a los requerimientos del sistema tecnológico. “La tecnología es autónoma y modela la sociedad al margen de las intenciones de sus miembros” (Broncano, 2000: 27).

Contrariamente, el determinismo social sostiene que la tecnología y su desarrollo están contruidos socialmente, pero no reconoce la incidencia de los artefactos en las transformaciones sociales.

El constructivismo social supera estas visiones reduccionistas y pone de manifiesto el sesgo que los intereses sociales, ya sean individuales o colectivos, imprimen en la tecnología desde su diseño y construcción. Así, hace visibles los procesos económicos, políticos, sociales y legales previos al diseño y construcción del artefacto.

Por nuestra parte consideramos que, si bien es cierto que el cambio tecnológico ha incidido de manera importante en la configuración de las sociedades, no lo es menos el que el desarrollo tecnológico es sumamente sensible a factores sociales como el apoyo financiero, político y cultural.

A su vez, la tesis de que la tecnología transforma a la sociedad, independientemente de la voluntad de sus miembros, queda sin sustento al ser contrastada con datos empíricos. Fernando Brocano (2000) cita un ejemplo ilustrativo: “...es el caso de la tecnología nuclear que, pese a las predicciones de los teóricos de la tecnología autónoma, está en clara recesión por la voluntad política de muchas sociedades y estados”. Asimismo, afirma que “...si los ciudadanos desean algo distinto de lo que tienen y a pesar de ello ocurre algo no deseado (...) el problema entonces no sería tanto de la tecnología en sí misma cuanto de los mecanismos por los que la sociedad puede expresar colectivamente su voluntad.”

Lo anterior nos lleva a rescatar los planteamientos respecto a una tercera vía, toda vez que tanto la sociedad civil como el propio Estado pueden tener la capacidad para decidir democráticamente las estrategias tecnológicas más adecuadas según criterios sociales, económicos, políticos y ambientales. Así, el control democrático sobre la tecnología

(entendido como la posibilidad de ampliar la base de participación social en la toma de decisiones tecnológicas) no sólo es posible sino urgente, sobre todo desde los primeros momentos de su diseño y no cuando las tecnologías se hayan impuesto y estabilizado.

Esto es lo deseable, sin embargo, aún faltan condiciones para que se ejerza cabalmente. Mientras tanto, consideramos que un paso importante hacia el control social sobre la tecnología está representado por el análisis de los efectos socioeconómicos de la tecnología, debido a que es una valiosa herramienta que, entre otras cosas, permite 1) superar generalidades sobre la racionalidad tecnológica que impide estudiar en detalle los sistemas y redes sociotécnicas, 2) realizar una evaluación racional de los pros y los contras de los sistemas tecnológicos, y con ello identificar oportunidades y prever amenazas, lo cual favorece el superar posiciones deterministas que promueven el temor o la admiración irracional por las innovaciones tecnológicas, 3) hacer propuestas de cómo decidir democráticamente las estrategias tecnológicas y de cómo fijar límites a la acción innovadora a partir de regulaciones, de tal suerte que se instituyan la responsabilidad civil y penal en los procesos de innovación tecnológica.

El análisis de los efectos socioeconómicos de la tecnología cobra una importancia creciente en la medida en que se trate de tecnologías radicalmente nuevas, pues éstas son capaces de romper con paradigmas establecidos e iniciar un rumbo tecnológicamente nuevo, a tal punto que transforman todo el aparato productivo y conducen a profundos cambios estructurales, pues no sólo pueden cambiar el modo de producir, sino también el modo de vivir y la geografía económica mundial. Cuando todo esto sucede estamos en presencia de revoluciones tecnológicas (Pérez, 1986: 45).

Hoy día se están desplegando una serie de innovaciones radicales inscritas en la llamada Tercera Revolución Científico-tecnológica, que se pueden agrupar en cuatro líneas principalmente: microelectrónica, robótica, nuevos materiales y biotecnología.

Y es precisamente la biotecnología,<sup>1</sup> y en particular la biotecnología vegetal,<sup>2</sup> la que está generando una gama de reacciones sociales, toda

<sup>1</sup> La podemos definir como un área integrada de múltiples ciencias e ingenierías en estrecha interdependencia orientadas al estudio y transformación de microorganismos y células vegetales y animales para producir bienes y servicios de mejor calidad y a bajo precio (Barajas, 1992).

<sup>2</sup> Es "un conjunto de técnicas y metodologías que permiten transferir información genética de plantas y otros organismos vivos entre sí, para obtener variedades mejoradas" (López y Quintero, 1990: 48).

vez que son las grandes empresas multinacionales las que, en aras de obtener una mayor rentabilidad, orientan la investigación científica y el desarrollo tecnológico a dichos fines, sin considerar los efectos sociales, ambientales, éticos y políticos de sus innovaciones. Esto había sido así hasta que diferentes sectores de sociedades industrializadas, tales como las organizaciones no gubernamentales (ONG) ambientalistas y los consumidores, manifestaron su preocupación por las posibles consecuencias en la salud humana y el medio ambiente de productos de la biotecnología vegetal tales como los cultivos transgénicos y los organismos genéticamente modificados (OGM), a tal punto que han logrado reorientar o frenar algunas investigaciones o productos de ella.

Si bien es cierto que la biotecnología ha alcanzado sus mayores logros en los países altamente industrializados, también lo es el que su promoción ya incluye a los países subdesarrollados. El objetivo que se persigue con este trabajo es dar a conocer la situación de los cultivos transgénicos en México y sus impactos. El dilema es: hasta qué punto la biotecnología finalmente puede considerarse como una revolución tecnológica o simplemente es la continuidad del proceso de modernización de la agricultura mexicana. Podemos como país: a) ¿tener la capacidad necesaria para hacer un uso racional y adecuado de los cultivos transgénicos?, b) ¿quedar fuera de la aplicación de esta tecnología como lo proponen tanto la Declaración de Quito como Olívio Dutra, gobernador de Estado do Rio Grande do Sul, en Brasil, para declarar una América Latina libre de transgénicos?<sup>3</sup> A continuación se pretende dar respuesta a dichas interrogantes, mediante los casos de aquellos cultivos en los que en México ya se está aplicando la biotecnología.

### **LOS ALCANCES DE LA BIOTECNOLOGÍA EN LA AGRICULTURA**

Desde la década de los ochenta se presagiaban una serie de repercusiones socioeconómicas de la biotecnología en la agricultura y el medio ambiente, que marcaban a esta disciplina con el doble filo de, por un lado, brindar oportunidades y, por el otro, acarrear riesgos, pero no

<sup>3</sup> En marzo de 1999 Rio Grande do Sul fue declarado territorio libre de transgénicos por su gobernador Olívio Dutra. El Gobierno Democrático Popular de este estado brasileño asumió

había aún fundamentos empíricos en uno u otro sentido, sencillamente porque fue hasta los años noventa cuando se aplicaron a nivel comercial los avances de las biotecnias y con ello inició realmente el debate sobre sus ventajas y desventajas.

En el centro de la discusión actual está el dilema respecto a los alcances de los organismos genéticamente modificados (OGM) sobre la alimentación y la salud de los humanos y de los animales, así como los efectos en el medio ambiente. Por medio de la ingeniería genética se han modificado los atributos naturales de las plantas, confiriéndoles rasgos nuevos al introducir el gen específico que les permite, según sea el caso, resistir a sequías, herbicidas, ataque de insectos, virus o bacterias y, de esa forma, incidir en los rendimientos. A esas plantas se les conoce hoy en día como transgénicas.

En el mejoramiento genético convencional se cruza la planta completa para introducir la característica deseada y se espera el crecimiento de la nueva generación, si el resultado no es el esperado se vuelve a repetir el procedimiento, lo que en ocasiones lleva varias generaciones del cultivo. Con la ingeniería genética se inducen en menor tiempo y con mayor precisión las nuevas cualidades en las plantas. No siempre implica insertar genes ajenos; en ocasiones se introducen cambios en la misma estructura genética de la planta. Lo novedoso es que se localiza algún gen con la información deseada (por ejemplo, el de la bacteria *Bacillus thuringiensis* que codifica para que se produzca una toxina insecticida) y se inserta en el organismo que se quiere modificar, logrando combinaciones de genes en estos nuevos organismos que jamás se hubieran dado en la naturaleza.

### **LA FORMACIÓN DE REDES AGROBIOTECNOLÓGICAS GLOBALES**

En la producción de alimentos priva la meta de lograr que éstos tengan un valor agregado además de que sean duraderos, dándole así mayor peso a la industria alimentaria y aumentando la brecha entre el pro-

una postura firme en contra de los transgénicos desde que llegó al poder. En Rio Grande do Sul un 60% de los agricultores familiares utilizan semillas producidas por ellos mismos. En ese mismo año, representantes de diez supermercados europeos visitaron el estado, interesados en comprar soya no transgénica (EMATER, 1999).

ductor y el consumidor. Para los productores de alimentos y materias primas independientes la alternativa es integrarse a las compañías agroindustriales, perdiendo su independencia, y con ello, la posibilidad de retener cierto margen de los beneficios. En efecto, las grandes compañías poseen los productos biotecnológicos y las mayores ganancias se concentran en ellas y no se distribuyen entre los demás participantes de la cadena alimentaria; el reclamo actual de los productores del campo es que se compartan los beneficios económicos derivados del aumento en las cualidades de los productos (Kalaitzandonakes y Bjorson, 1997), pero por ahora sólo están tomando conciencia de que ha quedado atrás la época en que ellos eran productores independientes y cada vez más sus decisiones productivas dependen de las grandes firmas agrobiotecnológicas.

Como consecuencia de estos cambios, los sectores agrícolas que en décadas anteriores conformaban cadenas agroalimentarias integradas verticalmente (donde por separado cada compañía se dedicaba a una de las fases del proceso) ahora transitan a la conformación de redes bajo la hegemonía de las agrobiointermedios (Castells, 1999: 199-200). Esto ha sido posible por el conocimiento del genoma, que tiende a vincular lo que se conoce como las ciencias de la vida: la alimentación, la nutrición y la salud. La tendencia de mediano plazo para la industria biotecnológica es ofrecer alimentos que no sólo satisfagan la necesidad de comer, sino que además incluyan propiedades nutritivas que en su origen los alimentos no tenían e incorporen algún tipo de medicamento.

La agroindustria de los noventa se constituye de una manera distinta, a través de la formación de redes agrobiotecnológicas que establecen un nuevo tipo de integración vertical, al vincular las ciencias de la vida en dichas redes. La nueva generación de compañías se centra en la creación de una estructura tecnológica y de negocios que maximice la "integración" de oportunidades entre estos mercados. El centro de la estrategia es el enlace directo de la agrobiotecnología con los mercados de la alimentación, la nutrición y la salud (Shimoda, 1998).

En los últimos años han aumentado las fusiones entre empresas agrobiotecnológicas y semilleras. La razón atiende al hecho de que, si bien las patentes protegen a los inversionistas de posibles copias de sus innovaciones, éstas no son suficientes para asegurarles el mercado, cuando mucho establecen barreras a la entrada de otros inversionistas, pero no se garantiza el control del mercado si no se tienen los canales

de distribución con los productores. Estos mecanismos de acceso a los agricultores son los que por años han tenido las empresas semilleras y al estar ahora en la misma empresa red se logra la distribución directa de sus innovaciones y el poder de mercado esperado, sobre todo porque es en la semilla donde está concentrada la tecnología.

La acción extrema en la búsqueda de protección de sus inversiones, así como del control del mercado, al considerar débil el alcance de las patentes, la llevó a cabo un grupo de empresas, entre ellas Monsanto, al desarrollar un atributo especial para las semillas, de tal forma que al ser reutilizadas ya no fueran fértiles; a este tipo de semillas se les denominó *terminator*. Recientemente Monsanto ha declarado públicamente que no sacará al mercado dicha tecnología.

Algunos analistas, frente a la tendencia de fusiones entre las compañías agrobiotecnológicas, pronostican que en un mediano plazo serán seis firmas las que dominen el mercado de alimentos y medicinas: Monsanto, Novartis, AgreEvo, DuPont, Zeneca y Dow (Shimoda, 1998; McMichael, 1999). Esta circunstancia otorga a dichas redes agrobiotecnológicas un gran poder de mercado, que utilizan para el establecimiento de las reglas del juego comercial.

Por ahora los beneficios de la biotecnología han sido para los agricultores, al permitirles aumentar los rendimientos o reducir los costos. Sin embargo, desde el punto de vista de la organización social de la producción agrícola, el productor se ve sometido a una mayor subordinación frente a la industria alimentaria. En cuanto al consumidor, por ahora, con la actual generación de productos biotecnológicos, no se observa ningún beneficio que lo convenza de asumir los posibles riesgos de los cultivos transgénicos.

### *¿UN NUEVO PARADIGMA TECNOLÓGICO?*

Con estos avances de la biotecnología es pertinente volver a plantear la pregunta: ¿la biotecnología está instaurando o no un nuevo paradigma tecnológico que ha revolucionado o está revolucionando el régimen alimentario actual?

En la etapa de los incipientes desarrollos biotecnológicos se argumentaba que esta tecnología, basada en la biología molecular, transformaría radicalmente la agricultura y podría llegar a instaurar un nuevo patrón tecnológico que, dada la distinta gama de aplicaciones de la biotec-

nología (que va desde la fermentación hasta la ingeniería genética, pasando por el cultivo de tejidos), permitiría sustituir los insumos químicos por biológicos e incrementar el empleo por medio de la introducción de nuevas prácticas agrícolas, por ejemplo el cultivo en invernaderos o con diferentes escalas de producción, lo que conduciría a una diversificación tanto de productores como de sus productos. En cuanto al medio ambiente se podrían remediar las superficies contaminadas, al tiempo que las semillas transgénicas abrirían al cultivo un potencial de superficie que hoy no es susceptible de producir.

Sin embargo, estos planteamientos se hicieron cuando la biotecnología todavía no tenía éxitos comerciales. Se pensaba que las nuevas tecnologías llegarían por igual al pequeño productor y al grande y que cambiarían por completo el modelo tecnológico en la agricultura, pues la biotecnología estaba siendo desarrollada por pequeñas empresas con capital de riesgo o en laboratorios universitarios.

La realidad es otra, la biotecnología moderna se ha centrado en la ingeniería genética y ha sido concentrada por las agrobiindustrias. Los cambios en la producción de alimentos, a raíz de la biología molecular y la codificación del ADN de las plantas, se articularon a las características del régimen alimentario y prácticamente las nuevas tecnologías se insertaron en la organización social existente, con lo cual se da una transposición de ambos patrones tecnológicos, en función de los intereses de las firmas agrobiotecnológicas, cuyos impactos ambientales, agronómicos, socioinstitucionales y económicos, entre otros, se analizarán enseguida.

### **IMPACTOS DE LOS CULTIVOS TRANSGÉNICOS**

En diversos sectores sociales existe una gran polémica con respecto a los impactos de los cultivos transgénicos, debido a su alcance tanto en la esfera productiva como en los efectos sobre la salud humana y el medio ambiente. En el debate internacional sobre los transgénicos resulta importante que no sólo se hace referencia a estas repercusiones, sino que también se comienzan a discutir las consecuencias socioeconómicas. En este aspecto, la agricultura mexicana se muestra particularmente vulnerable, pues el poderío de las grandes corporaciones agroalimentarias es creciente y la política económica hacia el sector ha desmantelado la infraestructura científico-tecnológica local y reti-

rado apoyos a la producción. El panorama presenta ahora una polarización sin precedentes entre el campesino pobre de autosubsistencia y la gran agricultura empresarial. Por tal motivo en este apartado destacaremos los aspectos más relevantes de la discusión.

#### *IMPACTOS AMBIENTALES*

Existe el riesgo de la alterar la biodiversidad. La evaluación acerca de los posibles efectos de las nuevas plantas transgénicas no es única ni estática, sino sitio-específica y varía con el tiempo en los diferentes ecosistemas. Países con alta biodiversidad, como México, deben ser especialmente precavidos en la toma de decisiones sobre la liberación al ambiente de plantas y, en general, de organismos transgénicos.

La mayoría de los centros de origen y diversidad biológica del mundo están ubicados en las regiones tropicales y subtropicales. Se relacionan con sitios donde se originaron plantas y en los cuales hubo en la antigüedad mayor desarrollo de la agricultura. En México — que figura entre los siete países más diversos — el rápido deterioro de esta riqueza es evidente.

En estos casos se debe tener particular cuidado para frenar o paliar la tendencia hacia el monocultivo de variedades que profundicen la homogeneización de éstas (herencia de los híbridos de la Revolución Verde), así como prevenir los riesgos que implica la siembra de cultivos transgénicos, por lo que se refiere a la erosión genética.

La agrobiodiversidad es de vital importancia para la seguridad alimentaria de las generaciones futuras. En la agricultura moderna, basada en el modelo tecnológico de la Revolución Verde, la agrobiodiversidad ha recibido muy poca atención. Se ha considerado funcional para el mejoramiento, pero se han ignorado los efectos negativos que sobre ella ha tenido la búsqueda incesante de altos rendimientos.

Los problemas de los cultivos genéticamente modificados se presentan cuando las nuevas características, o la combinación de ellas, producen efectos indeseables en el medio ambiente. Éstos dependen de que los nuevos genes contengan las características del cultivo madre y el entorno.

Dado que el número de cultivos y genes es tan amplio y variado, la identificación y categorización de los riesgos potenciales es un verdadero reto. Para Jane Rissler y Margaret Mellon, de la Unión de

Científicos Preocupados de Estados Unidos (Rissler y Mellon, 1996: 122), desde el punto de vista ambiental hay dos tipos de peligros: los de las plantas transformadas en sí mismas y aquellos asociados con el movimiento de transgenes hacia otras plantas. En el primer caso las nuevas características de las plantas transformadas les permiten convertirse en malezas dentro de ecosistemas agrícolas o moverse fuera del campo cultivado y perturbar ecosistemas no alterados. La segunda categoría de riesgos concierne a la transferencia de transgenes a las plantas parientes del cultivo, cuando el transgénico se siembra cerca de sus parientes silvestres. Se pueden originar nuevas malezas o alterar la dotación de genes de los ancestros de un cultivo. Se han hecho estas consideraciones para el caso del maíz en México; sitio de origen de este cultivo y donde aún existen dos de sus parientes silvestres, el teocintle y el *tripsacum*. Hay temor de que al pasar de una escala experimental o piloto a una comercial se pierda el control sobre los cultivos transgénicos.

La biotecnología en general y la ingeniería genética en particular, también pueden afectar positivamente al medio ambiente, ayudando a mantener la diversidad genética a través de la conservación de germoplasma, utilizando la biodiversidad para hacer más eficiente el mejoramiento y reduciendo el uso de pesticidas.

Sin embargo, la tolerancia a herbicidas ocupa el primer lugar en las transformaciones, lo que indica que la contribución de la ingeniería genética al mejoramiento del medio ambiente no es la principal preocupación de las firmas multinacionales biotecnológicas, pues estas plantas resisten la aplicación de los herbicidas que las mismas empresas fabrican. De hecho, los cultivos resistentes a esas aplicaciones responden a una estrategia creada por las empresas productoras de herbicidas —cuyas patentes estaban cerca de caer en el dominio público— para no sólo mantener sus mercados, sino para extenderlos a variedades en donde antes no se podían utilizar.

Las plantas resistentes a insectos o bioplaguicidas pueden presentar riesgos que van desde acelerar la aparición de plagas resistentes a un insecticida biológico —el *Bacillus thuringiensis* (B.t.) que es una bacteria con propiedades tóxicas específicas para ciertos insectos y que tiene gran aceptación entre productores orgánicos y organizaciones ambientalistas—, hasta efectos en la ecología de poblaciones de insectos, microorganismos, animales y plantas aledaños al cultivo transgénico, pasando por posibles consecuencias alérgicas en los humanos que ingieran partes del cultivo que expresen la toxina.

Sin embargo, la biotecnología también ofrece promesas interesantes, como la aplicación de una cantidad menor de insecticidas en el caso de los cultivos Bt resistentes a insectos y la potencial obtención de plantas resistentes a la sequía, a raíz de un descubrimiento reciente en la Universidad de Toronto. Este hallazgo podría ayudar a cultivar zonas áridas hasta ahora inútiles y a revertir la desertificación y la erosión, con la consecuente conservación de la biodiversidad. No obstante, la tecnología se encuentra en manos de dos grandes empresas y, en este sentido, las potencialidades de la biotecnología agrícola para favorecer al ambiente y la situación de los pequeños agricultores en el mundo subdesarrollado están sujetas a intereses privados.

Un ejemplo de gran relevancia para México de cómo los cultivos transgénicos podrían mejorar la productividad en suelos ácidos —que representan un problema importante en el trópico— es la producción de variedades de plantas transgénicas tolerantes al aluminio. Actualmente científicos mexicanos del Centro de Investigación y Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional, Unidad Irapuato (CINVESTAV-Irapuato) se encuentran trabajando en un proyecto para obtener plantas de maíz de este tipo (Herrera, 1999: 59-81).

#### *EFFECTOS EN LAS PRÁCTICAS AGRÍCOLAS*

Los cultivos transgénicos guardan estrecha relación con la práctica agrícola. Aunque se ha esgrimido el argumento de que la tecnología está incorporada en la semilla, algunas de las transformaciones genéticas requieren por ejemplo, que el productor aplique ciertos agroquímicos (herbicidas) o deje de aplicar otros (insecticidas). Lo anterior no sólo plantea la necesidad de actualizar las prácticas de cultivo, sino también, de mayor vigilancia institucional.

En 1999, en todo el mundo, el porcentaje más alto correspondió a los cultivos con resistencia a herbicidas (71%), el segundo lugar a los que resisten el ataque de insectos (22%) y el tercer lugar a cultivos que tienen ambas características: resistencia a insectos y a herbicidas (7%) (James, 2000). Estas dos últimas categorías, al tener incorporada la resistencia a insectos, se consideran cultivos bioplaguicidas. Es decir, se trata de plantas con nuevas características, en este caso propiedades plaguicidas, que pueden representar beneficios considerables por la reducción de emisiones de insecticidas y la disminución de los costos

de producción para el agricultor. Pero también es importante considerar que al expresar la información genética de resistencia a insectos, la planta adquiere propiedades plaguicidas que están presentes a lo largo de su ciclo de vida, lo que impone una serie de restricciones en su manejo, pues presenta los riesgos arriba explicados (como acelerar la aparición de plagas resistentes a un insecticida biológico).

Aprovechar los beneficios que ofrecen los cultivos plaguicidas y minimizar sus riesgos requiere, en consecuencia, modificar la práctica agrícola, incluyendo programas que retrasen la aparición de resistencia a las toxinas que produce ahora la planta en los insectos objetivo (programas de manejo de resistencias); asimismo se requiere monitorear si las estrategias propuestas están funcionando y estar alerta sobre posibles efectos inesperados que resulten de la interacción de los cultivos transgénicos con el entorno ambiental, cultural y productivo donde se han introducido.

Lo anterior pone en evidencia el tema de las capacidades para el manejo de cultivos transgénicos. En un país de grandes contrastes como México, donde coexisten productores tecnificados con los de subsistencia, los requerimientos de los cultivos transgénicos sobre la práctica agrícola pueden dejar fuera a productores con menor preparación y acceso a asistencia técnica. La falta de una supervisión gubernamental adecuada puede poner en riesgo no sólo el valor de uso de la tecnología, sino convertir en realidad algunos de sus posibles efectos negativos.

#### *EFFECTOS EN LA SALUD DEL CONSUMIDOR*

Existe el temor de que la ingestión de cultivos transgénicos, o productos elaborados con ellos, produzca algún daño a quien los consume, ya sea humano o animal. Por ello los organismos transformados y sus derivados deben someterse a una evaluación rigurosa acerca de su seguridad y de sus datos nutricionales. Si la transformación genética proviene de una fuente alergénica conocida, el producto debe ser evaluado para dicho propósito.<sup>4</sup> Hace poco más de dos años, y con motivo de una evaluación de este tipo que se estaba realizando en un proyecto

<sup>4</sup> La institución encargada de estos aspectos en Estados Unidos, es la Food and Drug Administration (FDA), misma que solicita información adicional si el cultivo transgénico involucra:

de laboratorio, se suscitó una gran controversia porque el doctor Pusztai, investigador responsable de las pruebas, encontró evidencia de daño en los animales de laboratorio que habían ingerido el producto transformado. El investigador dio a conocer los resultados antes de concluir el experimento y al parecer fue despedido de su trabajo a raíz del incidente, así que los resultados no son concluyentes. Sin embargo, el trabajo ha sido tomado como bandera de grupos ambientalistas para ilustrar los posibles efectos que este tipo de productos puede tener. Al margen de las interpretaciones amarillistas, el trabajo de Pusztai constituye un foco rojo que merece mayor atención científica.

Un caso más reciente sobre los posibles efectos de los OGM en la salud es el del maíz StarLink. Se trata de una variedad de maíz transformada para su resistencia a insectos. En este caso la información genética introducida codifica una proteína insecticida que, al no destruirse con el calor o con la digestión, fue considerada como un posible alérgeno si era consumida por humanos, por lo que en Estados Unidos se aprobó solamente para consumo animal.

A menos de dos años de haber sido autorizado se detectó la presencia de la proteína en cuestión en la cadena alimentaria de humanos: tortillas de maíz elaboradas en México y exportadas a Estados Unidos. Lo anterior marcó el inicio de una serie de acontecimientos que han puesto de manifiesto las posibilidades y limitaciones del sistema regulatorio norteamericano, así como el importante papel que está jugando la sociedad civil organizada en ese país.

En septiembre del año 2000, una coalición de ONG hizo públicos los resultados de un estudio que mostraba la presencia de la proteína insecticida del StarLink en las tortillas de Taco Bell. Aunque las tortillas habían sido hechas en México, se pudo establecer que la harina había sido elaborada en Estados Unidos.

Después del escándalo inicial, se desarrollaron una serie de acciones legales y voluntarias por parte de autoridades regulatorias, agricultores, almacenadores de grano, empresas procesadoras y ONG que ponen de manifiesto el tipo de recursos y de organización necesarios para manejar un plan de contingencia de esta naturaleza. Además, este caso arrojó luz sobre otro de los retos que enfrentan países de menor desarrollo, como México, para establecer quién debe pagar por este tipo de accidentes y omisiones. En Estados Unidos los recursos huma-

la presencia de agentes tóxicos conocidos, niveles alterados de nutrientes, nuevas sustancias y marcadores de selección de resistencia a antibióticos.

nos y técnicos han provenido de sus instituciones regulatorias encargadas de aspectos legales a nivel federal y estatal, pero los recursos económicos para hacer el seguimiento y la recuperación del producto desviado para consumo humano han sido cubiertos por la empresa que desarrolló la tecnología: Aventis Crop Sciences.

De igual suerte, la empresa ha compensado a productores y almacenadores de grano por los inconvenientes a que se han visto sometidos para contener el grano contaminado con StarLink en sus campos y almacenes. Cabe destacar que fue necesario retirar del mercado los productos elaborados con este maíz (300 tipos diferentes), que el maíz ha sido detectado en productos para consumo humano en Japón y Corea y que la proteína alergénica apareció en híbridos no StarLink sin haberse establecido claramente si los híbridos se contaminaron por flujo genético o por manejo ilegal de la tecnología StarLink.

El caso plantea una serie de focos rojos para el manejo futuro de OGM:

- No se debe autorizar la siembra de productos para consumo animal que no se puedan distinguir de los de consumo humano.
- La relevancia de la sociedad civil en actividades regulatorias.
- La importancia de contar con marcos legales e institucionales que permitan fincar responsabilidades.
- El tipo de recursos humanos, técnicos y económicos que requiere un problema de esta naturaleza.
- Las consideraciones culturales que van asociadas a la determinación del riesgo (las posibilidades de exposición y sensibilización al alérgeno son mayores en una población de origen mexicano que consume tortillas todos los días).

El caso anterior destaca la importancia de etiquetar los OGM y sus derivados. No sólo por cuestiones de alergias sino también para tomar en cuenta las inquietudes de grupos religiosos minoritarios, para quienes es importante conocer la procedencia del material genético introducido en un OGM.

Investigaciones recientes en percepción pública destacan la importancia de los medios de comunicación, así como de las ONG de corte ambientalista, en alertar sobre los posibles riesgos de las nuevas tecnologías entre los consumidores, pero reconoce que la falta de capacidades institucionales para manejar estas tecnologías son la base de la desconfianza. Por ejemplo, en México las autoridades consideran que la bioseguridad está garantizada en cuanto a las importaciones

de maíz porque se destinan al consumo, no a la siembra, pero no hay garantía de que no se desvíe maíz para semilla. En los embarques viene mezclado el maíz transgénico con el que no lo es y Greenpeace demostró en marzo de 1999 que sí había maíz transgénico Bt en estos embarques. Los consumidores mexicanos no están informados y esta organización demanda al gobierno que se suspendan las importaciones hasta que no se separe el maíz transgénico y se informe a la población (GreenPeace, 1999: 22).

Como se puede apreciar, la falta de instituciones en México capaces de manejar los riesgos de los OGM de manera integral ha sido un campo fértil para el trabajo de las ONG y los medios de comunicación. Algunas de estas presiones han dado lugar a modificaciones al vapor de leyes y reglamentos, como la propuesta en la Ley General de Salud, para que en los artículos se incluya el etiquetado de los productos de origen transgénico; esto a partir de la carencia de un marco jurídico-normativo y para que los consumidores sepan que están consumiendo productos transgénicos.

Uno de los escenarios preocupantes de riesgos para el consumidor se relaciona con los genes marcadores de resistencia a antibióticos que se usan en el proceso de transformación genética. Se teme que, al ingerir estos productos crudos, como pueden ser los que se destinan al consumo animal, la resistencia al antibiótico se transfiera a los microorganismos huéspedes del animal y que, a través de la cadena alimenticia, éstos transfieran la información genética a patógenos del humano, los cuales se volverían resistentes a dichos antibióticos. La probabilidad de que esto suceda es muy baja y ya hay nuevas generaciones de antibióticos para el tratamiento de enfermedades humanas; sin embargo, las expresiones y movilizaciones sociales en torno a este temor han motivado que las nuevas generaciones de cultivos transgénicos tengan otro tipo de marcadores de selección.

A pesar de todo, la siembra de plantas transgénicas avanza, especialmente en Estados Unidos, Argentina y Canadá y en determinados cultivos: maíz, soya, algodón y canola (James, 1998: 10; 1999: vi).

#### *EFFECTOS SOCIALES E INSTITUCIONALES*

La percepción sobre los riesgos que puede representar la biotecnología motivó, desde los inicios de la ingeniería genética en la primera mitad

de los setenta, el surgimiento de una serie de actores que buscan disminuirlos; desde entonces, especialmente en los países de mayor desarrollo, se han ido modificando los marcos socioinstitucionales y legales para un manejo adecuado de los transgénicos y sus posibles riesgos. En el caso de México, las preocupaciones en materia de bioseguridad se iniciaron, al igual que en otros países, en la academia; desde allí han penetrado muy lentamente en sectores gubernamentales y más recientemente en sectores empresariales y organizaciones privadas de corte ambientalista.

En los años noventa no se contaba con todas las capacidades necesarias ni con la organización suficiente para manejar los posibles efectos de liberar OGM al ambiente. Esta mayor complejidad regulatoria se ha incrementado conforme la percepción de los riesgos que ofrece la biotecnología crece y se extiende a más actores —consumidores y grupos ambientalistas— que participan a lo largo del proceso de desarrollo y uso. Estos grupos son contrapesos importantes frente a complejos agrobiotecnológicos cada vez más poderosos y gobiernos débiles; actúan en diferentes frentes para que las nuevas tecnologías respondan a criterios de beneficio social. Hasta hoy la mayor parte de las reacciones organizadas de consumidores provienen de los países del norte, pero en el sur existen varios movimientos de raíz campesina e indígena por la biodiversidad y los derechos del agricultor, muy interesantes.

Las presiones internacionales de consumidores y, más recientemente, las declaraciones y presiones de las ONG ambientalistas que trabajan en México, han empezado a tener efectos en las estrategias de un gran grupo multinacional de origen mexicano (Grupo Maseca), el cual cinco meses después de haber declarado públicamente que reforzaría su posición estratégica en el mercado a través de la biotecnología, afirmó que: ante las inquietudes de los consumidores en torno a los transgénicos, abandonaba sus planes sobre ésta.

Por otro lado, dichas presiones también han afectado las estrategias de las empresas más importantes en agrobiotecnología que operan en el planeta y, en el caso de México, han endurecido sus posiciones respecto al marco regulatorio. Se creó AgroBIO, asociación de empresas que agrupa a grandes compañías multinacionales como: Aventis, DuPont, Monsanto, Novartis y Savia,<sup>5</sup> misma que opina, según

<sup>5</sup> Antes empresas La Moderna.

su primera declaración, que en México no se requieren más regulaciones sobre bioseguridad.

### **CULTIVOS TRANSGÉNICOS EN MÉXICO: ESTUDIOS DE CASO**

Como ya se ha mencionado, la situación de la agricultura mexicana resulta particularmente vulnerable en un entorno donde, por un lado, las actividades de investigación y desarrollo, producción, distribución y comercialización de los cultivos transgénicos son controladas por unas cuantas corporaciones agrobiotecnológicas y, por otro, el repliegue del Estado en la economía ha llevado al desmantelamiento de la infraestructura científico-tecnológica local y al retiro de apoyos para la producción. En este contexto, adquiere particular importancia el análisis de los efectos socioeconómicos y ambientales de la introducción de los cultivos transgénicos en nuestro país, en el cual encontramos aplicaciones de la biotecnología, a escalas diversas, en la producción de flor, jitomate, papa, algodón y maíz.

#### *FLOR*

La floricultura intensiva en México presentó un gran crecimiento en la década de los ochenta y se desarrolló paralelamente a la tradicional, de raíz prehispánica. Esta floricultura intensiva se dedica a la exportación y al abasto nacional, en mercados diferentes de los de la tradicional. Los productores intensivos son un sector más fuerte y capitalizado e incorporan la biotecnología al adquirir materiales genéticos clonados de las grandes empresas florícolas mundiales holandesas, francesas y estadounidenses. Aunque ésta es una inversión elevada les da a los productores una ventaja innegable: en los días festivos, de alta venta de flores, se logra una floración sincronizada y el producto se puede vender en un precio cinco veces superior al del resto del año. Así, estos productores realizan su mayor inversión en material genético e infraestructura de invernadero, pues el gasto en la mano de obra oscila entre un 24% y un 32%, a diferencia de lo que sucede con la producción tradicional, en donde el 88% de los gastos corresponde al pago de trabajadores (Massieu, 1997). En 1999 se autorizaron pruebas de un clavel transgénico de color verde en el Estado de México.

### *JITOMATE*

El jitomate fue el primer (y único hasta la fecha) cultivo transgénico aprobado en México para siembra comercial. Se trata de una variedad de larga vida de anaquel, llamada Flavr Savr. En estricto sentido no es una hortaliza transgénica porque no se le introdujo ningún gen de otra planta, tan sólo se inhibió la enzima de maduración para que así tuviera una vida de anaquel prolongada. En México se autorizó comercialmente en 1995 y se comenzó a sembrar en Florida y Sinaloa, pero en el primero no obtuvo el éxito esperado y en Sinaloa los productores encontraron una variedad de alto rendimiento obtenida por mejoramiento convencional (el jitomate Divine Ripe); esta variedad ha sustituido a la transgénica con mayor éxito en productividad. Debido a ello, en 1996 tuvo lugar una controversia comercial en el TLC, ya que por primera vez los jitomateros de Sinaloa igualaron los rendimientos de sus homólogos de Florida y les ganaron el mercado con precios más bajos (Schwentessius y Gómez Cruz, 1998: 167-204).

Actualmente son dos los cultivos de semillas transgénicas que están en su fase precomercial: la papa y el algodón, a continuación se expone brevemente su desarrollo.

### *PAPA*

En México se cultivan diversas variedades de papa. Los productores que integran este subsector son 10 mil aproximadamente y su producción se localiza en 25 estados de la República. Los distintos climas y tipos de suelo que tiene el país hacen posible la cosecha de papa durante todo el año.

Existen dos tipos de productores, los que se dedican al cultivo de papa blanca y cuentan con maquinaria, insumos químicos y semilla certificada, aunque sólo un 25% de ellos la compran. El otro grupo son los pequeños productores que cultivan papa de color; éstos se concentran en las zonas montañosas y carecen de recursos económicos suficientes para el cultivo, por ello no acuden al mercado formal de semilla, además de que, al coincidir la cosecha en las distintas regiones papeiras y carecer de infraestructura de almacenamiento, los precios se abaten.

Para asegurar los rendimientos en la producción de papa se requiere de una gran cantidad de agroquímicos. Este tipo de manejo en el

cultivo ha dado como resultado un aumento en los costos de producción, la contaminación de suelos, aire y agua por el uso indiscriminado de insumos, y el consecuente impacto en la salud de los trabajadores que aplican los plaguicidas, así como el perjuicio que ocasiona el almacenamiento de residuos tóxicos en el producto.

Este caso muestra claramente lo que más arriba se planteó sobre la transposición de modelos tecnológicos. Uno de los mecanismos para obtener semilla sana es la micropropagación por medio de la técnica de cultivo de tejidos de una semilla libre de virus. En México existen cerca de 12 laboratorios que se dedican a este proceso. Sin embargo, para la siguiente fase de siembra se utilizan los métodos de la Revolución Verde y se aplican fertilizantes y plaguicidas de origen químico, e incluso durante la fase de precosecha se usa otro químico que seca el follaje a fin de acelerar la cosecha. Por último, la recolección del producto se hace a mano, con lo que coexisten modelos intensivos y modernos con el modelo de la agricultura extensiva que no usaba maquinaria. En resumen, la innovación tecnológica no ha modificado aún las prácticas agrícolas del cultivo y la aplicación de la biotecnología no va más allá de la obtención de una semilla sana.

El cultivo de la papa es el único para el que se han generado variedades de transgénicos internamente. La manipulación genética desarrollada en el Centro de Investigación y Estudios Avanzados-Unidad Irapuato ha conferido resistencia a los virus del mosaico latente (PVX) y del mosaico rugoso (PVY), a partir de la donación que hizo Monsanto del gene, para aplicarlo en las variedades Alpha, Rosita y Norteña, las dos últimas cultivadas por los pequeños productores y con la característica de ser semillas criollas con resistencia natural al tizón. En 1996, se comenzó a trabajar la resistencia al enrollamiento de la hoja (virus PLRV), el cual representa un problema importante para los paperos.

En la actualidad se están llevando a cabo las pruebas de campo en el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). Una vez finalizada esta etapa y evaluada la resistencia de la simiente y una vez obtenida la aprobación por parte de la Secretaría de Salud será necesario crear una estrategia de comercialización que permita difundir el uso de la semilla transgénica de papa a la mayoría de los productores.

Los investigadores involucrados en el proyecto consideran que esta forma de transferencia de tecnología proporciona el aprendizaje de

estrategias para nuevas investigaciones que solucionen otros problemas en la producción de la papa.

Los beneficios para los productores radican en la posibilidad de un menor uso de plaguicidas, lo cual contribuiría a disminuir tanto los costos económicos como los ambientales. Además, estas semillas tienen un periodo de degeneración más lento, lo cual permitirá al productor comprar semillas después de varios ciclos. Todo ello ofrece un mayor rendimiento en la cosecha, pues hay presencia de los virus de resistencia en México, aunque, cabe señalar, no son el principal problema de plagas que existe como lo serían el tizón tardío y el nemátodo dorado.

Las implicaciones socioeconómicas de la aplicación de la biotecnología en la producción de semilla de papa libre de virus han sido positivas dentro del marco proteccionista que el periodo del TLC ampara, sin embargo, una vez finalizado éste, la amenaza de competir con papa de Canadá y Estados Unidos está presente. Es decir, por ahora los laboratorios de micropropagación tienen mercado asegurado; sin embargo, la apertura de la frontera para la papa de consumo, a un precio inferior, puede eliminar a los productores nacionales.

Los efectos socioeconómicos en la producción de papa, a partir del uso de la semilla transgénica, aún no pueden evaluarse debido a que la simiente está en la fase de pruebas de campo. No obstante, comparte la misma suerte que la semilla libre de virus, la cual, al permitirse la entrada de papa del exterior, decaerá simultáneamente con la producción nacional (Massieu *et al.* 2000).

## ALGODÓN

México pasó de ser exportador de algodón en los años cincuenta y sesenta a importador en los noventa. El cultivo dejó de ser atractivo para los productores nacionales por factores externos e internos. Entre los primeros destaca la sustitución de la fibra natural por la sintética y los desplomes en el precio por sobreproducción en China y Estados Unidos. Entre los factores internos ha sido muy importante el alto costo del control fitosanitario.

El incremento en las importaciones para satisfacer la demanda de una industria exportadora como lo es la textil, fue el catalizador para el impulso de una serie de acciones del gobierno mexicano y de las asociaciones de productores para aumentar el cultivo del algodón. Dentro

de estas medidas destacan la promoción del cultivo de algodón Bt desarrollado por Monsanto, a través de un apoyo directo otorgado al productor para cubrir alrededor del 50% del costo de la tecnología de semilla transgénica. Este apoyo del gobierno ha sido importante para vencer resistencias por parte de los productores a una tecnología nueva.

El algodón Bt se basa en una cepa de *Bacillus thuringiensis* que es específica para el ataque del gusano rosado (*Pectinophora gossypiella*) y los gusanos belloteros (*Heliothis virescens* y *Helicoverpa zea*). Este algodón, desarrollado por Monsanto, se distribuye con la marca registrada Bollgard. Para la adopción de esta tecnología también ha sido fundamental el papel regulador del gobierno, quien estableció diversos programas de sanidad vegetal buscando mejorar el manejo del algodón Bt.

En este contexto, la difusión del algodón transgénico en México ha sido rápida, en 1997 y 1998 se sembraron menos de 50,000 ha y en 1999 ya eran 76,000, como pruebas precomerciales.

Las regiones en donde se ha propagado esta tecnología son consideradas como las mejores zonas de riego y buen temporal del norte, noroeste y noreste del país; se trata de lugares en los cuales los agricultores están organizados y producen a través de asociaciones en participación. En términos de sanidad vegetal, este tipo de organización facilita tanto la implantación de programas, como su monitoreo y control. El perfil de los productores de algodón de estas regiones es el de un empresario con preparación técnica o administrativa, que domina el inglés y está enterado de los avances técnicos y comerciales internacionales.

La reducción de aplicaciones de insecticidas para combatir las plagas contra las que es efectivo el algodón Bt de Monsanto varía de acuerdo con la zona y el manejo, pero para las presiones de infestación del gusano rosado y del complejo bellotero que se observaron en 1997 en La Comarca Lagunera, una de las principales regiones algodonerías del país, se utilizaron cinco aplicaciones promedio, en comparación con las diez que requirió el algodón convencional.

Para preservar el valor de uso de esta tecnología en el largo plazo, la empresa Monsanto exige por contrato que los productores sigan un programa de manejo de resistencias, como se señaló con anterioridad, el cual hasta el momento ha descansado en gran medida en la supervisión en campo de esta empresa, aunque por supuesto existe también verificación gubernamental. En nuestra opinión, los posibles

efectos de este tipo de productos en el ambiente, en la salud humana y animal, en la práctica agrícola, etcétera, van más allá de preservar el valor de uso de la tecnología y requieren de un nivel de organización social mayor y diferente al que se ha tenido hasta el momento. Debe existir más vigilancia y coordinación directa por parte del gobierno (tanto a nivel central como local), además de fomentar investigación específica, realizar un monitoreo continuo y tener capacidad para retroalimentar resultados.

Por último, es importante señalar que, en los casos de la papa, del algodón y la ganadería, Monsanto ha sido la protagonista de la introducción de la biotecnología.

### *MAÍZ*

En México el maíz representa la mitad del volumen total de los alimentos que se consumen anualmente y proporciona a la población cerca del 50% de las calorías requeridas. A pesar de ello nuestro país es deficitario en su producción y las importaciones son crecientes: en 1991 se importaron 1.4 millones de toneladas; para 1998 esta cifra había ascendido a 5.2 (FAO, 1998). Esto se debe a la descapitalización que ha sufrido el agro desde hace tres décadas, agravada con el retiro del Estado respecto de la economía.

Ante este panorama, la biotecnología ofrece alternativas no exentas de controversia, por las características estructurales y agroecológicas particulares de México, ya que esta tecnología tendrá efectos en lo relacionado con biodiversidad, bioseguridad, derechos de propiedad intelectual y desarrollo tecnológico, entre otros.

En el mercado de países industrializados se comercializan dos tipos de maíz transgénico: el resistente a insectos y el tolerante a la aplicación de herbicidas. Los generadores de estas variedades argumentan que su uso elevaría la productividad al disminuir las pérdidas causadas por las plagas, reduciría costos de producción al emplear cantidades menores de insecticidas y, consecuentemente, se protegería al ambiente; además, su mayor potencial productivo haría innecesario ampliar la frontera agrícola, lo que ayudaría a la conservación de ambientes silvestres (Serratos, 1998: 4).

Por otra parte, grupos ambientalistas y académicos sostienen que estas plantas modificadas genéticamente atentaría contra la susten-

tabilidad de los agroecosistemas, producen erosión genética y ponen en riesgo el acceso libre a la semilla, toda vez que ésta es controlada por grandes compañías multinacionales agrobiotecnológicas. Además, el flujo genético podría tener repercusiones impredecibles sobre los diferentes organismos que habitan en los agroecosistemas. Atender a estos argumentos es de particular importancia en el caso de México, por ser éste centro de origen y diversidad genética del maíz y porque aún se encuentran presentes dos de sus parientes silvestres, el teocintle y el *tripsacum*. Por ello no se ha autorizado el cultivo de maíz transgénico en territorio nacional. Además, el maíz transgénico disponible en el mercado no responde a las necesidades de México, porque es resistente al ataque de insectos que no se encuentran en nuestro país y porque el tolerante a herbicidas no estaría al alcance de la mayoría de los productores (Serratos, 1998: 4).

Dado lo anterior, es indispensable realizar rigurosas evaluaciones antes de liberar al maíz transgénico, y es urgente desarrollar capacidades científico-tecnológicas para generar alternativas acordes a las necesidades y agroecosistemas de México.

## CONCLUSIONES

De lo expuesto destaca la importancia de que países como México, de alta diversidad biológica y atraso económico-tecnológico, desarrollen capacidades científicas e institucionales para evaluar la introducción de cultivos transgénicos en la agricultura, de manera que logren su uso adecuado y racional.

El avance de la ciencia y la tecnología es irreversible, sin embargo sus aplicaciones deben ser dirigidas por la sociedad, a fin de que respondan a la satisfacción de necesidades reales y no artificiales generadas por el mercado. Consideramos que, cada vez más, los actores sociales tienen que participar en el curso de los logros científicos y tomar parte en las decisiones que al respecto se hagan sobre los campos de aplicación, ya que hasta ahora han privado los intereses comerciales sobre valores tales como la salud y el medio ambiente.

Los grupos ambientalistas y de consumidores aparecen como nuevos actores sociales que están modificando las estrategias tecnológicas de las empresas transnacionales, mismas que antes tomaban decisiones de manera autónoma. Ahora, las redes establecidas a partir del

desarrollo y uso de la tecnología están siendo fuertemente transformadas por dichos actores, cuyo discurso ha penetrado en entornos donde la población está más preocupada por su calidad de vida. De tal suerte que, ecologistas y consumidores, se están perfilando como importantes contrapesos frente a las grandes transnacionales.

La creciente concentración de la producción agroalimentaria y biotecnológica en un reducido número de empresas a nivel mundial tiene graves repercusiones en México. Por una parte, la precariedad del aparato científico-técnico nacional, sobre todo si se compara con los recursos que las empresas multinacionales destinan a investigación y desarrollo, provoca una marcada insuficiencia para poder discernir qué parte de la ingeniería genética agrícola favorece el desarrollo de la agricultura y qué parte no lo hace. Inclusive faltan recursos para completar el catálogo taxonómico de la fauna y la flora. Por otra parte, las evaluaciones y monitoreo sitio-específicos de los cultivos transgénicos son costosos y cambian con el tiempo, por lo que es necesario un seguimiento constante. A la fecha, ni el sector público ni el privado destinan recursos para ello, aunque ya hay instancias gubernamentales para regular y gestionar las pruebas y siembra de transgénicos.

Existe un vacío legislativo; el país no cuenta con leyes ni de bioseguridad ni de acceso a recursos genéticos. Es necesario que la sociedad esté informada y alerta y que exista presión de diversos actores sociales para establecer un marco regulatorio de la biotecnología que incluya los aspectos agronómicos, ecológicos y de salud. Actualmente, son sobre todo el sector académico, las empresas y las organizaciones no gubernamentales quienes han participado, y cobra mucha importancia la participación de las organizaciones campesinas y de productores, para lograr consensos.

Otro aspecto es el diseño de políticas que permitan que los medianos y pequeños productores obtengan beneficios de esta nueva tecnología y que no se concentre todo en manos de las grandes corporaciones agrobiotecnológicas.

No sólo es relevante la capacidad de regulación, también existe el requerimiento de un nuevo perfil del productor agrícola, con una mayor capacitación, para aprovechar las cualidades de estos nuevos cultivos.

Países como México precisan tener una posición propia, acorde a sus intereses, respecto a la polémica internacional de los transgénicos.

## BIBLIOGRAFÍA

- Barajas Ochoa, Rosa Elvia  
1992 *Biotecnología y Revolución Verde: especificidades y divergencias*. Tesis de licenciatura, Universidad Autónoma Metropolitana-Azcapotzalco, México.
- Bell, Daniel  
1976 *El advenimiento de la sociedad postindustrial*, Alianza.
- Broncano, Fernando  
2000 *Mundos artificiales. Filosofía del cambio tecnológico*, Paidós/Facultad de Filosofía y Letras-Universidad Nacional Autónoma de México, México.
- Castells, Manuel  
1999 *La era de la información. La sociedad red*, vol. I, Siglo XXI, México.
- EMATER  
1999 "Territorio libre de cultivos transgénicos: Río Grande do Sul, Brasil", en *Biodiversidad, Sustento y Cultura* núm. 19-20; Grain/Redes AT, Barcelona y Montevideo, pp. 12-13.
- FAO  
1998 "FAO 1990-1998", [www.fao.org](http://www.fao.org)
- González, R., M. Chauvet y Y. Castañeda  
1999 "La estrategia agrobiotecnológica de Monsanto en México", en *Cuadernos Agrarios*, núm. 17-18, p. 181-201.
- GRAIN  
1999 "Maíz transgénico entra ilegalmente a México", en *Biodiversidad, Sustento y Cultura*, núm. 21, Redes AT, Barcelona y Montevideo, septiembre.
- GreenPeace  
1999 "El maíz producido genéticamente por Novartis: una amenaza para la salud ambiental, humana y animal", en *Biodiversidad, Sustento y Culturas*, núm. 21, septiembre, pp. 20-24.
- Herrera Estrella, L.  
1999 "Transgenic plants for tropical regions. Some considerations about their development and their transfer to small farmer", *Proceedings of the National Academy of Sciences of the USA*, EE.UU., vol. 96, pp. 59-81.
- James, C.  
1998 "Global status and distribution of commercial transgenic crops in 1997", en *Biotechnology and Development Monitor*, núm. 35, Universidad de Amsterdam, p. 10.  
2000 "Global status of commercialized transgenic crops: 1999", *ISAAA Briefs*, núm. 12: Preview, ISAAA, Ithaca, NY, p. VI.
- Kalaitzandonakes, N. y B. Bjorson  
1997 "Vertical and Horizontal Coordination in the Agrobiotechnology

- Industry: Evidence and Implications”, en *Journal of Agriculture and Applied Economics*, vol. 29, núm. 1, en julio, pp. 129-139.
- Katz, Claudio  
1998 “Determinismo tecnológico y determinismo histórico-social”, en *REDES* 11, vol. 54, Buenos Aires.
- López, Agustín y Rodolfo Quintero  
1990 “Perspectivas internacionales de la biotecnología agrícola”, en Blanca Suárez, coord., *¿Biotecnología para el progreso de México?*, Centro de Ecodesarrollo, México.
- Massieu, Yolanda  
1996 “Comercio bilateral, biotecnología aplicada y TLC: la guerra del tomate”, en *Economía Informa*, núm. 251, Facultad de Economía-Universidad Nacional Autónoma de México, pp. 36-41.  
1997 *Biotecnología y empleo en la floricultura mexicana*, Universidad Autónoma Metropolitana-Azcapotzalco (Col. Sociología), México.
- Massieu, Y., R.L. González, M. Chauvet, Y. Castañeda, y R.E. Barajas  
2000 “Transgenic potatoes for small-scale farmers: A case study in Mexico”, en *Biotechnology and Development Monitor*, núm. 41, marzo, Universidad de Amsterdam.
- McMichael, Philip  
1999 “Política alimentaria global”, en *Cuadernos Agrarios*, núm. 17-18, pp. 9-28.
- Pérez, C.  
1986 “Las nuevas tecnologías: una visión de conjunto”, en C. Ominami, comp., *La Tercera Revolución Industrial. Impactos internacionales del actual viraje*, Grupo Editor Latinoamericano, Buenos Aires.
- Rissler, J. y M. Mellon  
1996 *The ecological risks of engineered crops*. The MIT Press, Cambridge, Mass/Londres.
- Schwentessius, R. y M.A. Gómez Cruz  
1998 “Competitividad de hortalizas mexicanas en el mercado norteamericano”, en Schwentessius *et al.*, coords., *TLC y agricultura ¿funciona el experimento?*, CIESTAAM/TAMRC/Conacyt/CIBER/Juan Pablos, México, pp. 167-203.
- Serratos, J.A.  
1998 “El maíz transgénico en México”, en *Los vegetales transgénicos, el ambiente y la salud, Suplemento La Jornada Ecológica*, año 6, núm. 70, p. 4.
- Shimoda, S.  
1998 “Agricultural biotechnology: Master of the universe?”, en *AgBioForum* 1 (2), consultado en: <http://www.agbioforum.Missouri.edu>
- Visser, H.  
1998 “Effects of biotechnology in agrobiodiversity”, en *Biotechnology and Development Monitor*, núm. 35, junio, Universidad de Amsterdam.