



CAPÍTULO 6

LA SIEMBRA COMERCIAL DE MAÍZ TRANSGÉNICO EN MÉXICO EN EL MARCO DE LA BIOECONOMÍA Y LA POLÍTICA PÚBLICA



Alejandro Polanco Jaime y Arturo Puente González

Preámbulo

El presente capítulo se ocupa de explorar las repercusiones de la probable decisión de política pública de autorizar la producción comercial de maíz transgénico en el marco de la bioeconomía mexicana. El estudio se concentra en los cultivares de maíz resistentes a insectos (*Bt*), y a herbicidas (*Ht*) que son los de mayor difusión a nivel internacional. Con tal fin, primeramente se revisan estudios de impacto por el uso de cultivares transgénicos en los rendimientos de maíz en condiciones de campo, en la disminución de costos, en el uso de agroquímicos y en la reducción del número o facilitación de las labores agrícolas, principalmente en EUA.

A continuación, con base en la información disponible de la SAGARPA se procede a caracterizar algunas de las tecnologías usadas en maíz por el uso de insumos y rendimientos, a fin de estimar posibles ahorros económicos con el uso de maíz transgénico. Estos resultados se contrastan con los obtenidos en Iowa, principal estado productor del cereal de los EUA. La información proviene de las estadísticas del Servicio de Extensión Agrícola de dicho estado que incluyen tanto maíz transgénico como orgánico. A este respecto se consideran los costos de oportunidad que tienen estos últimos, asumiendo mercados orgánicos y tomando también

en consideración los sobrepuestos que pueden lograrse con dicha producción en nichos específicos de mercado en Estados Unidos.

Posteriormente, partiendo de la muy alta probabilidad de diseminación de los transgenes hacia las variedades de las razas autóctonas, los ahorros derivados del uso de maíces transgénicos se confrontan contra el valor económico del germoplasma, habida cuenta de que la mayor parte aún no ha sido explorada, ni aprovechada por la industria semillera y que dicho germoplasma representa, precisamente, el futuro de la industria y la base de la cadena agroalimentaria más importante del país desde el punto de vista económico, social, alimentario y cultural. Finalmente, la decisión de comercializar semillas transgénicas de maíz se analiza desde la óptica de las políticas públicas de desarrollo rural, medio ambiente y salud pública.

Antecedentes

Desde la autorización de uso comercial del primer maíz *Bt* en 1996 en Estados Unidos, ha ocurrido una rápida difusión de maíces transgénicos en prácticamente todos los países productores del mundo (James, 2009), excepto México, aunque sus autoridades recién aprobaron la realización de siembras experimentales a las empresas multinacionales solicitantes. En los países productores del grano la difusión ha sido vertiginosa (James, 2006): en Canadá, en 2006, el porcentaje de la superficie maicera sembrada con transgénicos alcanzó 65% y en Argentina 62%, y en 2009, en los Estados Unidos, la cifra correspondiente alcanzó 85% del total (Nass, 2010). Entre 1996 y 2009, en Estados Unidos la tasa de crecimiento de uso de todos los cultivos transgénicos ascendió a 7% anual (Moss, 2009).

El uso extendido de maíces transgénicos en las principales zonas productoras de Estados Unidos obedece al imperativo de crecimiento de la superficie de las unidades de producción para compensar fluctuaciones de precio y de menores ingresos por ha. En ese país, por ejemplo, el uso de *Ht* junto con herbicidas libera tiempo dedicado a labores mecanizadas, reduce costos y permite subcontratar a empresas para las aplicaciones de agroquímicos (Altieri y Rosset, 1999). Se trata pues de una innovación que facilita la expansión del modelo intensivo en capital o de producción agrícola industrial en grandes superficies.

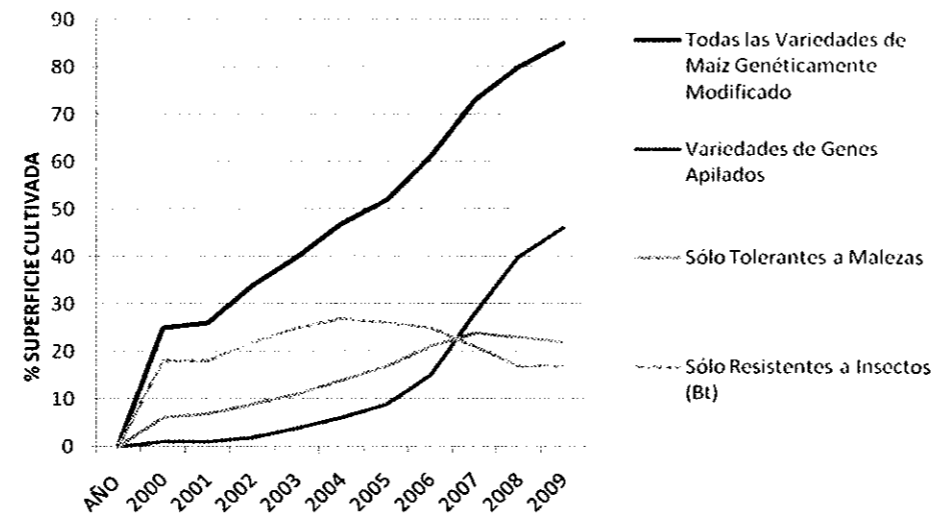
Se ha propuesto que la adopción de semillas transgénicas a nivel del agricultor individual resulta de un proceso de toma de decisiones

que comprende la ponderación de los costos y beneficios económicos así como el riesgo que implica el uso de la nueva tecnología. Incluye, asimismo el aprendizaje para asimilarla (Marra *et al.*, 2003). También se afirma que el proceso se ve influido por la actitud del productor respecto al riesgo (Marra *et al.*, 2003). Los agricultores estadounidenses que adoptaron maíces *Bt* mencionan que lo hicieron por su expectativa de reducir los costos de los insecticidas, ahorrarse labores de aplicación y reducir las pérdidas por el ataque de plagas. Otros estudios encontraron, además, una mayor tendencia a la adopción de semillas *Bt* en las fincas grandes y en los casos de escasez de mano de obra (Payne *et al.*, 2003). Lo que en conjunto parece ir de acuerdo con la explicación anterior sobre las causas de la difusión de semillas transgénicas en países industrializados.

En Estados Unidos, hasta 2009 se habían sometido a pruebas alrededor de 11,275 tipos de maíz transgénicos de los cuales 26.8% corresponden a cultivares, *Bt* y *Ht* y el resto a tipos de maíz orientados a incrementar los rendimientos potenciales (Gurian-Sherman, 2009). Estos últimos —que no han alcanzado la fase de comercialización— incluyen transgenes que pudieran elevar la capacidad fotosintética, la canalización de la energía hacia la formación de grano o de forraje, un mejor aprovechamiento del nitrógeno y la tolerancia a la sequía o a los suelos ácidos, entre otros. La industria de alimentos y de agrocombustibles, así como amplios segmentos de los productores de los Estados Unidos, apuestan al desarrollo de dichas variedades transgénicas con mayor eficiencia fotosintética de la planta y un mejor aprovechamiento de los fertilizantes, con lo que esperan elevar el rendimiento promedio nacional de 9.4 ton/ha a 12.6 ton/ha, para el año 2020, e incluso a 18.8 ton/ha en 2030 (Heisey, 2009).

Los transgénicos actualmente en uso están dirigidos a mejorar las cosechas en condiciones de campo: maíces *Bt*, *Ht* y cinco cultivares transgénicos resistentes a diferentes enfermedades (Gurian-Sherman, 2009). Algunas variedades portan un solo transgén, pero otras llevan tres o más, lo que da lugar a líneas con “genes apilados” o semillas transgénicas de múltiples atributos. De hecho, las semillas de genes apilados son las que muestran un mayor crecimiento en el mercado semillero de Estados Unidos, de modo que, en 2009, de la superficie total sembrada con semillas transgénicas 46% correspondió a dicho tipo, mientras que la cifra para maíces *Ht* fue de 23% y para los *Bt* de 17% (NASS, 2010) (Gráfica 1).

Gráfica 1. Difusión de maíces transgénicos en EEUU (2000-2009)



Para analizar la posible aportación de los maíces transgénicos a la agricultura mexicana vale subrayar que se trata de cultivares generalmente híbridos con un potencial productivo determinado, a los cuales se les ha introducido material genético de otra especie, con atributos específicos, denominado transgén. Con el mismo propósito, también conviene tener presente dos términos: el de *rendimiento potencial* y el de *rendimiento en campo*. El primero se refiere al rendimiento posible que se puede atribuir a la constitución genética de una determinada variedad considerando condiciones óptimas de cultivo, mientras que el segundo es el que se obtiene como resultado de la interacción de factores bióticos y abióticos con el manejo que el productor haga del cultivo. El primero incluye las plagas y enfermedades y el segundo el tipo y la condición de los suelos, la topografía, la radiación solar, la disponibilidad de agua, la cantidad de lluvia y su distribución anual, así como la incidencia de heladas y granizadas. El manejo del productor comprende un amplio número de decisiones relativas a la fecha y densidad de siembra, arreglos topológicos (Reta, 2003), labores y fertilización de suelos, control de plagas, enfermedades y malezas, posible alternancia o asociación de cultivos, frecuencia de riego y, desde luego, el tipo de semillas. En otras palabras,

los rendimientos potenciales son los que observan los investigadores en parcelas experimentales o invernaderos, en condiciones ideales; los rendimientos en campo son los que obtienen los agricultores en el ciclo agrícola con una variedad de un potencial genético determinado.

Dado que los cultivares transgénicos, en rápido proceso de difusión internacional, buscan incidir en la rentabilidad del cultivo —reduciendo las pérdidas ocasionadas por las plagas y facilitando el control de malezas—, su evaluación económica tiene que incluir su costo de oportunidad frente a otras alternativas de manejo de plagas y malezas, su impacto en el germoplasma del maíz mexicano conformado por 59 razas con miles de variedades y la posibilidad de generar y expandir nichos de mercado de maíz orgánico y sus productos y derivados. Por otro lado, la evaluación de la probable adopción de maíces *Bt* y *Ht* tendría que tomar en cuenta las *externalidades* de dichas biotecnologías, es decir los costos en términos de evolución de la resistencia de las malezas a los herbicidas a las que son tolerantes los maíces *Ht* (International Survey of Herbicide Resistance Weeds, 2009) y de las plagas a las toxinas de los maíces *Bt*, (Bravo y Soberón, 2005) así como posibles pérdidas de biodiversidad y riesgos a la salud, en particular en el caso de maíces modificados como “cultivos funcionales” o “biofábricas” desarrollados para producir fármacos. Este es un aspecto nodal, ya que se empiezan a acumular evidencias sobre procesos inflamatorios, en animales de laboratorio, desencadenados por las proteínas *Cry* de los maíces *Bt* (Schubert 2002), por citar un ejemplo.

A la fecha se han realizado numerosos estudios sobre el impacto de los maíces transgénicos en varios países industrializados y en vías de desarrollo que consideran el desempeño de la finca, así como los beneficios para el consumidor y las industrias que utilizan el grano como insumo o para las mismas compañías semilleras (Smale *et al.*, 2006). Otros estudios latinoamericanos evalúan el impacto de dichas biotecnologías contrastando los beneficios privados contra su rentabilidad social (Bota, 2003).

El desempeño económico de transgénicos en otros países

Lo antes dicho sirve para ver de manera crítica los estudios publicados relativos al impacto de los maíces transgénicos. Algunos investigadores reportan que estos cultivares resistentes a plagas específicas y a herbicidas

reducen costos al agricultor y benefician el medio ambiente, sea por un menor empleo de agroquímicos o por la retención de gases en el suelo bajo labranza mínima (Watanabe *et al.*, 2005). Un estudio panorámico, que incluye información de doce años y fue realizado con información de varios países, atribuye al uso de maíces transgénicos beneficios económicos y ambientales muy significativos (Brookes y Barfoot, 2006).

En cambio, los primeros informes realizados por el Departamento de Agricultura de Estados Unidos (USDA) en 2001 con información del período 1996-1998, consignan resultados poco uniformes: sobre todo en el caso de las semillas *Bt* mostraron importantes diferencias regionales en el ahorro de pesticidas (Harwood *et al.*, 2001). Igualmente, una evaluación realizada por universidades estadounidenses sobre el impacto resultante del uso de maíces *Bt* en varias localidades del cinturón mainero de Estados Unidos arrojó rendimientos y ganancias económicas variables —de modestos a significativos, dependiendo de los años y las localidades (Marra *et al.*, 2002).

No obstante, resulta crucial para las evaluaciones de impacto a lo largo del tiempo distinguir entre los beneficios atribuibles al transgén por sí mismo y los incrementos del rendimiento potencial resultante del proceso de mejoramiento genético tradicional, así como las mejoras en el manejo del cultivo que incluyen la densidad de siembra, las labores culturales y el control de plagas, así como los procesos de aprendizaje del agricultor. A lo anterior debe añadirse las variaciones climáticas, la periodicidad de las plagas y los cambiantes niveles de infestación por diversas plagas. Por tanto, en general, el desempeño de los cultivos a lo largo de los años tiene que ver forzosamente con la compleja interacción del genotipo de la planta, el medio ambiente y el manejo del cultivo por el productor. En el caso específico de los maíces genéticamente modificados, el desempeño tiene que ver, además, con la interacción del transgén o transgenes entre sí y de éstos con el genoma específico del cultivar, aspectos que reciben creciente atención por parte de los investigadores (Schubert, 2002).

Precisamente, uno de los puntos más débiles de los esfuerzos por estimar el impacto de las biotecnologías al compilar resultados en el nivel local y regional, es el metodológico: la mayor parte de las veces se comparan cultivares transgénicos *vs.* convencionales, pero de distintas características y fondo genético, es decir se comparan variedades o híbridos no isogénicos; tampoco se consideran o controlan en los análisis estadísticos las diferencias de manejo entre los productores o el tipo y calidad del suelo. Por ello, no debe sorprender que las supuestas

ventajas se desvanezcan cuando se toman en cuenta las anteriores variables, pero también porque las mutaciones de malezas e insectos que les confieren resistencias llevan algunos años para manifestarse y ocasionar rendimientos decrecientes (Onstad y Gould, 1998). Apenas se empieza a entender los procesos de evolución de tales resistencias. Por ejemplo, en los maíces *Bt* influye la dinámica de la población de insectos, la distribución de estos cultivares, el grado de difusión entre los agricultores, y la intensidad de uso de los cultivos *Bt* (Storer *et al.*, 2003).

Un trabajo reciente que recopila y analiza de manera crítica los estudios de impacto publicados en revistas científicas hasta 2009 concluye que los cultivares resistentes a herbicidas no superan los rendimientos en campo obtenidos con las técnicas tradicionales, ni cumplen la promesa de un menor uso de agroquímicos (Gurian-Sherman, 2009). La amplia difusión de maíces tolerantes a los herbicidas se atribuye, como ya se dijo, a que permiten expandir el área cultivada por productor y a que implican menos uso de maquinaria y por tanto ahorro de combustibles.

En Estados Unidos la amplia difusión de los maíces *Ht*, lejos de reducir el uso de agroquímicos, ha significado un aumento sustantivo en el uso de herbicidas en comparación con la producción basada en métodos tradicionales de control de malezas (Benbrook, 2009). En principio, esta tendencia a un mayor uso de herbicidas parece desconcertante, pero se explica en función de la aparición de malezas resistentes a los herbicidas, lo que ocasiona aplicaciones más frecuentes y mayores dosis, así como la inclusión de otros ingredientes activos. El aumento relativo del consumo de herbicidas en los cultivos *Ht* también se explica por el hecho de que los usuarios de maíces convencionales han recurrido a nuevos y más eficaces pesticidas que se aplican en menores volúmenes. Asimismo, debe recordarse que muchos agricultores que adoptaron tempranamente el uso de maíces *Ht* no dejaron de utilizar otros herbicidas. La problemática de las malezas resistentes en otros cultivos transgénicos es tan prevalente que, por ejemplo, los algodóneros de Estados Unidos han recurrido a la labranza mecánica tradicional y algunos incluso al deshierbe manual. Probablemente otros cultivos *Ht* de soya y maíz enfrenten a futuro una situación semejante. Ante la aparición de resistencias en las malezas, los grandes consorcios de insumos agrícolas ofrecen a sus clientes apoyos económicos para sufragar la adquisición de herbicidas de otras empresas (Sheridan 2010). El grueso de los productores estadounidenses ha dependido por tres lustros, de manera casi exclusiva, del uso de maíces *Ht* y de glifosato y glufosinato, con las consecuencias descritas, y han

dejado de lado otras alternativas de manejo (Benbrook, 2009). De hecho la rápida aparición de resistencias a los herbicidas mencionados impone cambios en los patrones de cultivo y el desarrollo de nuevas prácticas de manejo (Sheridan, 2010).

Por su parte, la aportación de los cultivares *Bt* a los rendimientos en campo depende del tipo de insectos y de condiciones específicas. Cuando la infestación por lepidópteros es alta, la ventaja sobre las técnicas tradicionales es de 7 a 12%, pero cuando la carga parasitaria es baja, la ventaja disminuye o desaparece. Los resultados con maíces *Bt* dirigidos a controlar la infestación con plagas de la raíz (diabrotica) mejoran entre 1.5 y 4.5% los rendimientos en campo en comparación con las medidas tradicionales y la aplicación de insecticidas (Gurian-Sherman, 2009). Investigaciones apoyadas por asociaciones de producción orgánica de los EUA afirman que entre 1998 y 2010, a pesar del uso generalizados de variedades *Ht* y *Bt*, el volumen de herbicidas se incrementó sustancialmente y que el uso de insecticidas no se redujo significativamente como se habría esperado. Una de las dificultades para resolver en definitiva la controversia suscitada, entre dichos grupos y los intereses empresariales, radica en fallas de diseño de los Servicios de Estadísticas Agrícolas (NASS por sus siglas en Inglés) que no diferencian en sus encuestas campo relativas al uso de agroquímicos entre variedades transgénicas y convencionales y que además se realizan de manera discontinua (Sheridan, 2010).

La evolución de la resistencias a las toxinas *Cry* del maíz *Bt* en poblaciones de insectos ha sido un escollo que las empresas semilleras han tratado de evitar con diferentes enfoques. Una primera medida ha sido la de sembrar franjas o de circundar el cultivo transgénico con cultivares convencionales susceptibles a la plaga. La idea central es limitar la reproducción de poblaciones de insectos resistentes al promover su apareamiento con insectos susceptibles que progresan en las franjas. Estas superficies, denominadas "refugios", como es de esperarse reciben un mayor daño que el cultivo transgénico, lo que representa un costo para el productor que adopta dichos maíces y también para los agricultores vecinos que no los usan por la invasión de dichas plagas adaptadas a las toxinas.

La alternativa de establecer refugios, aprovechando los estímulos económicos provistos por las compañías semilleras, no ha sido efectiva. Por ello, se ha recurrido, simultáneamente, a otras medidas como el desarrollar cultivares con varios transgenes que expresan más de un

tipo de toxina y mantienen altos niveles de éstas en el tallo y el follaje del maíz. Sin embargo, los niveles de las toxinas no han resultado del todo uniformes en los tejidos de la planta, lo que ocasiona que las plagas se alimenten de aquellas partes con menores concentraciones de toxina o bien aprovechen la declinación de títulos de las toxinas que se presenta hacia el final del período de maduración del maíz (Altieri y Rosset, 1999). Además, los insectos también se sobreponen a esta situación pues disponen de mecanismos fisiológicos —comprendidos en el fenómeno de la diapausa— para adaptarse y sincronizarse con factores de estrés a fin de reproducirse y desarrollarse (Derlinger *et al.*, 2004). Esto es: pueden sobrevivir en un ciclo dado para emerger en el siguiente.

La siembra de maíces *Bt* ha motivado una serie de investigaciones que, aunque no concluyentes, previenen sobre la aparición de problemas de segunda generación. Es decir, el desarrollo de las biotecnologías *Bt* que originalmente pudieron abocarse a resolver un problema específico puede generar nuevos desafíos. Estos problemas se relacionan con la acumulación de toxinas en el suelo y su posible efecto sobre microorganismos y fauna benéfica (Altieri y Rosset, 1999). Otra inquietud ha sido el impacto en las poblaciones de depredadores naturales de las plagas del maíz, la posibilidad de "rebote" de éstas y aún la presentación de nuevas plagas secundarias. Una inquietud de fondo es el hecho de que, una vez liberados los transgenes, sus posibles efectos deletéreos permanezcan en los ecosistemas, situación que se agrava tratándose, como es el caso de México, de un centro de origen.

Además de las limitantes de esta biotecnología hasta aquí descritas, según una evaluación de maíz *Bt* en el cinturón maicero de Estados Unidos, en el período 1996-2001, señala que los agricultores registraron pérdidas de alrededor de 3.38 dólares por ha. Entre las razones que ofrece el estudio se destaca la inconsistencia en la mejora de los rendimientos y de los ahorros en insecticidas, y con frecuencia el elevado precio de las semillas transgénicas (Benbrook, 2001). En dicho país, el acceso a las semillas transgénicas implica un pago por el bulto de semillas en sí y una cuota tecnológica adicional, que puede cobrarse aparte o incluirse en una cuenta total, lo que dificulta a los agricultores identificar el monto de dicho pago extra. Las cuotas existen debido a que las grandes empresas dueñas de las tecnologías *Bt* y *Ht* establecen arreglos de transferencia tecnológica con compañías locales —que les autoriza a incorporar los transgenes en sus híbridos— encargándose éstas de recuperar dicho pago adicional. El

desembolso para adquirir semillas *Bt* suele ser 35% más alto al que se paga por cultivares élite convencionales, aunque existen grandes variaciones en el precio (Benbrook, 2001), los cuales dependen, entre otros factores, del ajuste que existe entre la proyección de la demanda de semilla que haya hecho la empresa —con un ciclo agrícola de antelación— y la fluctuación del área a ser sembrada efectivamente (Benbrook, 2001). Desde luego, el número y el tipo de atributos o transgenes presentes en un determinado cultivar influyen en el precio. Por ejemplo, por una bolsa de semillas *Ht* o por un atributo *Bt* se paga entre 22 y 26 dólares por arriba del precio convencional, pero en el caso de la resistencia a diabrotica el sobreprecio es de 48 a 54 dólares (Hillyer, 2005).

Sin duda, la inusitada alta tasa de difusión de los cultivares transgénicos de maíz en menos de tres lustros marca un hito en la historia de la innovación agrícola: se efectuó en la mitad del tiempo que requirieron las variedades híbridas para ocupar las tierras maiceras de Estados Unidos (Polanco y Flores, 2008). Paradójicamente, también ha representado el mayor aumento en costos por ha que hayan pagado los agricultores por un par de atributos cuyos impactos en la rentabilidad del cultivo son poco consistentes (Benbrook, 2001).

Resumiendo, a nivel de la parcela del agricultor, el impacto económico de los maíces transgénicos depende de su aportación concreta a la reducción de costos y de pérdidas en campo, pero también depende, de manera crítica, de la estructura de costos y rentabilidad del productor, así como de la demanda y precios del grano o follaje producidos y, en particular, de los precios de las semillas. Por su parte, los resultados agronómicos derivados del uso de semillas transgénicas están en función del nivel de infestación de plagas y malezas, del área afectada, de la dinámica poblacional de plagas y malezas, de la resistencia de la planta, de la presencia de depredadores naturales y de factores climáticos (Benbrook, 2001).

La autorización gubernamental de semillas transgénicas en México desde varias perspectivas

Una valoración equilibrada del uso comercial en México de semillas transgénicas de maíz es por necesidad multidimensional, pues tiene que hacerse tanto desde la óptica de la economía agrícola como de la bioeconomía —que se fundamenta en el aprovechamiento sustentable

de los recursos genéticos del país— y, por supuesto, también desde el punto de vista de la política pública.

La perspectiva del productor y de la económica agrícola

Para poner en perspectiva económica la adopción de semillas transgénicas en México es importante tener presente la actual estructura de costos de los insumos y los rendimientos de cultivo del maíz.

Para ello, a partir de la información ofrecida en Internet por el Sistema de Información Agrícola y Pecuaria, SIAP, se procedió a integrar una base de datos de costos de producción por modalidad tecnológica y por entidad federativa. Se tomó toda la información disponible en las encuestas para el año agrícola de 2007 (último año con información disponible), la cual incluye un total de 33 tecnologías utilizadas en 9 estados de la república.

Desafortunadamente se constató que la información de dichas encuestas muestra importantes inconsistencias y errores que afectan las estimaciones referentes al uso de insumos, precios, costos y rendimientos.

Por esta razón se efectuó una depuración recurriendo a la comparación de los valores extremos con coeficientes técnicos y valores establecidos en otro estudio (Puente, 2007). Al final de este proceso se decidió trabajar sólo con siete modalidades tecnológicas de un igual número de entidades federativas.

Las tecnologías, tanto para riego como para temporal, se resumen en el Cuadro 1.

En dicho cuadro se puede apreciar que el costo parcial de los herbicidas representa entre 1% y 3% del costo total de producción. No obstante hay que apuntar que mientras Sinaloa, principal estado productor del país, no presenta costos de herbicidas, la modalidad tecnológica del estado de Guerrero (tecnología dependiente del temporal con semillas nativas y sin uso de fertilizante) reporta costos de herbicidas que ascienden a 4.6% del costo total de producción.

El costo parcial de insecticidas con respecto del costo total de producción se podría ubicar en un rango de 5 a 6%, con una mayor incidencia en el costo total de producción de Guerrero (8.7%) y menor para el caso de Sinaloa (1.4%).

Cuadro 1. México. Costo de Producción y Rendimiento del Maíz

Tecnología	Veracruz		Guerrero		Tlaxcala		Oaxaca		Tamaulipas		Chihuahua		Sinaloa	
	TCF	P-V 2007	TCS	P-V 2007	TMF	P-V 2007	TMF	P-V 2007	GMF	O-I 2006-07	GMF	P-V 2007	GMF	O-I 2006-07
Agroquímicos	30.3%	13.3%	13.3%	13.3%	22.9%	22.9%	21.3%	21.3%	16.0%	16.0%	53.1%	53.1%	29.2%	29.2%
- Fertilizantes	26.3%	0.0%	0.0%	0.0%	20.3%	20.3%	13.1%	13.1%	10.7%	10.7%	45.6%	45.6%	27.8%	27.8%
- Herbicidas	3.0%	4.6%	4.6%	4.6%	2.6%	2.6%	2.6%	2.6%	0.0%	0.0%	1.1%	1.1%	0.0%	0.0%
- Insecticidas	1.0%	8.7%	8.7%	8.7%	0.0%	0.0%	5.6%	5.6%	5.3%	5.3%	6.1%	6.1%	1.4%	1.4%
Semilla	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	15.4%	15.4%	5.4%	5.4%	11.2%	11.2%	7.8%	7.8%	25.2%	25.2%
Rendimiento (ton/ha)	2.10	2.50	2.50	2.50	2.75	2.75	3.00	3.00	5.00	5.00	8.08	8.08	9.15	9.15
Costo Total de Producción */	\$3,972	\$4,598	\$4,598	\$4,598	\$4,712	\$4,712	\$5,079	\$5,079	\$6,436	\$6,436	\$9,338	\$9,338	\$8,850	\$8,850
- Por Hectárea (pesos)	\$1,891	\$1,839	\$1,839	\$1,839	\$1,713	\$1,713	\$1,693	\$1,693	\$1,287	\$1,287	\$1,156	\$1,156	\$967	\$967
- Por tonelada (pesos)														

TCF: Temporal, criollo, fertilizado
TCS: Temporal, criollo, no fertilizado
TMF: Temporal, mejorado, fertilizado
TMF: Temporal, mejorado, fertilizado
GMF: gravedad, mejorado, fertilizado
GMF: gravedad, mejorado, fertilizado
GMF: gravedad, mejorado, fertilizado

*/ No incluye a los costos de: Renta de la tierra, crédito, seguro y otro.

Fuente: Elaboración propia con base a los costos de producción publicados por el SIAP/SAGARPA.

En el estudio mencionado —que sirvió de referencia (Puente, 2007) para seleccionar las modalidades tecnológicas— el costo parcial de los fertilizantes con respecto del costo total de producción varió entre 20 y 30% dependiendo de las tecnologías de riego y temporal. El costo parcial de los fertilizantes de las tecnologías en Sinaloa, Veracruz y Tlaxcala se corresponde con el rango mencionado, aunque la tecnología preponderante en Chihuahua el costo de fertilizantes tuvo una mayor proporción en el costo total de producción.

En las tecnologías analizadas, el costo de las semillas con respecto del costo total de producción puede ubicarse en un rango de 10 a 15% (Puente, 2007). Mientras que en Oaxaca las semillas representan 5.4% del costo total de producción, en Sinaloa ascienden a 25.4%.

Es altamente probable que los productores de Oaxaca, encuestados por el SIAP, usen principalmente semillas de variedades mejoradas de menor costo y potencial productivo, y en Sinaloa, dados los elevados rendimientos reportados, los agricultores utilicen híbridos con mayor potencial genético y costo. Vale destacar que a mayores rendimientos mayores costos totales de producción, pero menores costos de producción por tonelada.

Para contrastar las tecnologías empleadas en México con las de Estados Unidos se analiza el caso del estado de Iowa, principal productor de maíz en ese país, a partir de las estadísticas del Servicio Nacional de Estadísticas Agrícolas del USDA. En el año agrícola 2007, 22% de la superficie sembrada en Iowa utilizó variedades de maíz *Bt* y 19% las tolerantes a herbicidas. Se sembró 53% de la superficie con variedades de genes apilados, es decir, que incorporan simultáneamente resistencia a insectos y herbicidas (ver Cuadro 2 y Gráfica 2).

El caso de Iowa, se analizan siete tecnologías de producción de maíz que dependen de la humedad de los deshielos y por lo tanto no requieren riego. De éstas, cuatro tecnologías de producción consisten en la siembra después de la soya y tres tecnologías basadas en el monocultivo del maíz (tecnología maíz-maíz) (www.extension.iastate.edu/agdm).

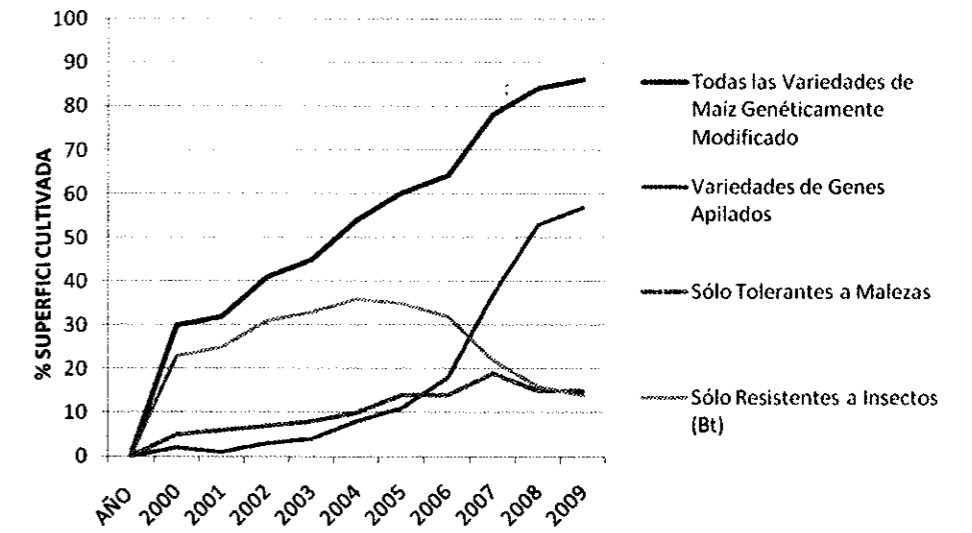
En primer lugar, destaca el hecho de que a pesar de usar materiales transgénicos resistentes a insectos y tolerantes a herbicidas, los productores de Iowa continúan utilizando insecticidas y compuestos químicos para el control de malezas. La estructura de los costos parciales de agroquímicos y semillas presentan rangos más estrechos de variación comparados con los rangos para las distintas tecnologías descritas de

Cuadro 2. Variedades de Maíz Genéticamente Modificadas en Los Estados Unidos y Iowa, 2000-2009 (porcentaje de la superficie sembrada)

	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
Solo Resistentes a Insectos (Bt)										
Iowa	23	25	31	33	36	35	32	22	16	14
EUA	18	18	18	25	27	26	25	21	17	17
Solo Tolerantes a Malezas										
Iowa	5	6	7	8	10	14	14	19	15	15
EUA	6	7	9	11	14	17	21	24	23	22
Variedades de Genes Apilados										
Iowa	2	1	3	4	8	11	18	37	53	57
US	1	1	2	4	6	9	15	28	40	46
Todas las Variedades de Maíz Genéticamente Modificado										
Iowa	30	32	41	45	54	60	64	78	84	86
US	25	26	34	40	47	52	61	73	80	85

Fuente: U.S. Dept of Agriculture, National Agricultural Statistics Service (NASS).

Gráfica 2. Difusión de maíces transgénicos en Iowa (2000-2009)



Fuente: Elaborado con base en: U.S. Dept of Agriculture, National Agricultural Statistical Service (NASS).

México. Con respecto al costo total de producción, el costo parcial de los herbicidas es mayor en la rotación maíz-maíz, con valores de 6.9% a 7.5%, mientras que en la rotación soya-maíz el rango es de 8.2% a 11.6%. Comparado con México, el uso de herbicidas en Iowa tiene un mayor peso en el costo total de producción de maíz (ver Cuadro 3).

En las tecnologías maíz-maíz el costo parcial de los insecticidas en el costo total varía de 4.9% a 5.3%, asemejándose a los costos de las tecnologías descritas para México. Sin embargo, en las tecnologías soya-maíz no se reporta o no se recurre al uso de insecticidas.

La participación del rubro de fertilizantes en el costo total de producción varía de 27.1% a 28.7%, rango similar al encontrado en los estados mexicanos abocados a la agricultura comercial que hacen un uso intensivo de insumos como Sinaloa (Puente, 2007). Las tecnologías con mayores rendimientos, de 7.85 ton/ha a 10.36 ton/ha, están asociadas a menores costos totales de producción unitarios aunque mayores en el costo total de producción. Estos rendimientos son similares a los

Cuadro 3. Iowa, EUA. Costo de Producción y Rendimiento del Maíz

Tecnología	S-M-LM-ME ^{a/}		S-M-LC-AL ^{b/}		S-M-LC-ME ^{c/}		S-M-LC-BA ^{d/}		M-M-LC-AL ^{e/}		M-M-LC-ME ^{f/}		M-M-LC-BA ^{g/}	
	Año 2007		Año 2007		Año 2007		Año 2007		Año 2007		Año 2007		Año 2007	
Ciclo														
Agroquímicos	39.2%	37.0%	36.2%	36.1%	36.1%	36.1%	36.1%	36.1%	40.4%	40.4%	40.7%	40.7%	41.6%	41.6%
- Fertilizantes	27.6%	27.1%	28.1%	27.6%	27.6%	27.6%	27.6%	27.6%	28.6%	28.6%	28.6%	28.6%	28.7%	28.7%
- Herbicidas	11.5%	9.9%	8.2%	8.5%	8.2%	8.5%	8.5%	8.5%	6.9%	6.9%	7.1%	7.1%	7.5%	7.5%
- Insecticidas	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	4.9%	4.9%	6.0%	6.0%	5.3%	5.3%
Semilla	11.7%	14.5%	13.7%	11.8%	11.8%	11.8%	11.8%	11.8%	13.5%	13.5%	11.9%	11.9%	10.5%	10.5%
Rendimiento (ton/ha)	10.04	11.30	10.04	8.79	8.79	8.79	8.79	8.79	10.36	10.36	9.10	9.10	7.85	7.85
Costo Total de Producción */														
- Por Hectárea (dólares)	\$739	\$798	\$727	\$701	\$701	\$701	\$701	\$701	\$859	\$859	\$836	\$836	\$789	\$789
- Por tonelada (dólares)	\$74	\$71	\$72	\$80	\$80	\$80	\$80	\$80	\$83	\$83	\$92	\$92	\$101	\$101

- a. Maíz después de Soya. Labranza de Conservación. Productividad Media.
b. Maíz después de Soya. Labranza Convencional. Productividad Alta.
c. Maíz después de Soya. Labranza Convencional. Productividad Media.
d. Maíz después de Soya. Labranza Convencional. Productividad Baja.
e. Maíz después de Maíz. Labranza Convencional. Productividad Alta.
f. Maíz después de Maíz. Labranza Convencional. Productividad Media.
g. Maíz después de Maíz. Labranza Convencional. Productividad Baja.

*/ Incluye a los costos de: Crédito, seguro y otros. No incluye a la renta de la tierra.
Fuente: Elaborado con datos del Servicio de Extensión de la Universidad de Iowa, EUA.

respectivos de Sinaloa y Chihuahua, sin embargo, en estas entidades el maíz se cultiva bajo riego (Cuadro 3).

Es muy importante subrayar que en Iowa se están desarrollando otras alternativas al uso de cultivares transgénicos, como la producción de maíz orgánico, es decir que no emplea fertilizantes químicos ni pesticidas, la cual representa una opción muy atractiva para nichos específicos de mercado conformados por consumidores que cuestionan la inocuidad y el impacto ambiental de materiales transgénicos. En Iowa, la producción orgánica de maíz tiene un costo total de producción menor en 24% que la producción convencional o la que utiliza semillas transgénicas. Aunque la producción orgánica implica una reducción en rendimiento de 9.3%, éste se ve ampliamente compensado por el precio que es 2.4 veces superior al de los maíces transgénicos o convencionales. El acceso al segmento del mercado de maíz orgánico y su desarrollo representa extraordinarias ganancias netas para los agricultores (www.extension.iastate.edu/agdm).

Hasta el momento, el uso de semillas transgénicas en Estados Unidos tiene que ver principalmente con cuestiones de practicidad y flexibilidad en el control de plagas y malezas. En muchos casos, el uso de transgénicos representa un aumento en el precio de 30% en el rubro de semillas, y se hace con frecuencia a costa de las ganancias del productor (Benbrook, 2001). Actualmente muchos productores no tienen la opción de volver al uso de semillas convencionales ya que éstas han desaparecido de los inventarios, desplazadas de los programas de reproducción de las compañías semilleras por las líneas transgénicas (Benbrook, 2009).

Resulta importante subrayar la vulnerabilidad en aumento de los maiceros relacionada a la creciente importancia de los insumos en la estructura de costos (Puente, 2010). Un estudio comparativo de la producción de Jalisco con la de Iowa —ambas realizadas en áreas de temporal/humedad— arrojó que el principal costo de producción fue el fertilizante. En 2009 en Jalisco representó 43.4% y en Iowa 40.1% del costo total de producción. Las erogaciones por concepto de maquinaria y equipo fue el segundo en importancia en ambas localidades. Dicho estudio mostró además que en Jalisco se aplican mayores dosis de fertilización aunque se obtienen menores rendimientos que en Iowa. Asimismo el referido estudio indica que la densidad de siembra tiende a ser mayor en Jalisco y el uso de mano de obra aun mayor. En Jalisco, el margen de la ganancia neta fue de 7.1% en 2005 (año de bajos precios

del maíz y bajos precios de insumos), de 29.8% en 2007 (año de altos precios de maíz y bajos precios de insumos) y de 14.0% en 2009 (año de altos precios del maíz y altos precios de insumos). Este margen de ganancia fue superior para los productores de Iowa, 16.9% en 2005, 50.9% en 2007 y 18.3% en 2009.

No obstante el uso difundido de semilla transgénica Ht de maíz en Iowa, el uso de herbicidas ha mantenido una proporción importante del costo total de producción, 11.7% en 2005, 8.2% en 2007 y 9.0% en 2009. Debe notarse que debido a las condiciones agroclimáticas en Iowa, que aprovecha la humedad de deshielos, prácticamente no se requiere del uso de insecticidas.

La exploración de la experiencia estadounidense en materia de costos y rendimientos resultantes del uso de semillas transgénicas, no permite prever beneficios claros para los productores mexicanos en el caso de que autorice su uso comercial. Además, otros factores convergen para configurar una situación de riesgo y alta incertidumbre como: la ausencia en casi 30 años de políticas de fomento económico y tecnológico para el maíz, la alta dependencia de México de Estados Unidos en el abasto de maíz amarillo, y la incertidumbre sobre los precios internacionales de los granos mismos, que dependen de la demanda de maíz para producción de combustibles y de las imprevisibles consecuencias del cambio climático. A pesar de los apoyos que reciben, los maiceros empresariales y comerciales de México operan en un ambiente de incertidumbre respecto de los precios que pagan por insumos y los que reciben por su grano. Por ejemplo, este sector recién tuvo que asimilar una merma de 30% por la elevación del costo de los fertilizantes nitrogenados del (FIRA, 2009; http://www.imagenagropecuaria.com/articulos.php?id_art=406&id_sec=25). Es difícil que los productores nacionales pudieran absorber crecientes costos por el uso de semillas transgénicas, cuyos precios serían determinados en un mercado duopólico.

La propaganda que utilizan las empresas multinacionales en México se centra en la posible contribución a la productividad maicera y la consecuente disminución de las importaciones del grano. No obstante, un estudio del año 2012, en el estado de Jalisco, sobre los logros de un esquema de asistencia técnica intensiva —que parte de las condiciones productivas y objetivos del agricultor— muestra que con dicho esquema es posible lograr en condiciones de temporal rendimientos similares a lo que se obtienen en los EUA o en el estado de Sinaloa en tierras irrigadas (Polanco y Puente, 2012). Para el caso del municipio

de Ocotlán, Jalisco el análisis de una muestra de 91 productores, que trabajan predios de 11 hectáreas en promedio, arrojó rendimientos de 9.5 toneladas por hectárea y una rentabilidad del capital (ganancia neta/costo total de producción) de 132.7% nominal. El coeficiente de variación fue de 67.0% en tamaño de la unidad de producción, 16.2% en rendimiento y 31.0% en rentabilidad (Cuadro 4). Por tanto, queda claro que el uso de transgénicos es tan sólo una posible tecnología entre muchas otras: la inversión en servicios de extensión de alta calidad como la que prestan las empresas Atider y Cycasa en Jalisco representa una mejor opción con alto grado de sustentabilidad y con altos dividendos públicos y privados.

Para delimitar la contribución de semillas transgénicas a la economía agrícola de México es necesario tener presentes las siguientes cuestiones:

- La posible aportación de los maíces transgénicos a la productividad total del cultivo dependerá del porcentaje de la superficie maicera cultivada con ellos. En México, históricamente el uso de semillas industrializadas ha sido limitado y difícilmente sobrepasa 23% del área cultivada de maíz, y de esta superficie la mitad corresponden a híbridos (López y Morris, 1994). Desde el punto de vista económico, no se puede esperar que las empresas privadas formen y comercialicen híbridos para nichos de producción pequeños. Tampoco es previsible que amplios segmentos de productores comerciales de temporal —no se diga los indígenas y campesinos— abandonen sus variedades de polinización libre y opten siquiera por híbridos convencionales y menos aún por líneas transgénicas. Por tanto, las semillas transgénicas tienen un mercado muy restringido en México, básicamente en Sinaloa, Chihuahua, Tamaulipas y parte del Bajío.
- El cálculo de la contribución de los maíces transgénicos a la disponibilidad nacional de grano dependerá del porcentaje de la superficie total cultivada que se siembre con dichas semillas y su aporte efectivo a los rendimientos unitarios en campo, en relación al total de la producción en un ciclo agrícola dado. Posiblemente se presente un patrón similar al de Estados Unidos: mayores rendimientos en el campo en los primeros años, para declinar posteriormente por la aparición de la resistencia de plagas y malezas.

Cuadro 4. Resultados económicos de un esquema de asistencia técnica intensiva en Jalisco por la empresa ATIDER

	Hectáreas Número	Rendimiento Ton/Ha	Ingreso Bruto Pesos/Ha	Costo Total Producción Pesos/Ha	Ganancia Neta Pesos/Ha	Rentabilidad del Capital %
Promedio	10.77	9.46	\$28,093	\$12,135	\$15,958	132.73%
Mínimo	1.00	6.65	\$19,632	\$9,686	\$6,162	40.30%
Máximo	20.00	13.90	\$41,700	\$15,303	\$27,905	212.09%
Desviación Estándar	7.21	1.54	\$4,749	\$1,065	\$4,737	41.11%
Coefficiente de Variación	66.95%	16.23%	16.90%	8.77%	29.68%	30.98%
Moda	20.00	10.00	\$33,282	\$11,566	\$21,715	187.75%
Mediana	9.76	9.60	\$28,500	\$11,916	\$16,331	124.51%
Número de Productores	91	91	91	91	91	91

Polanco Jaime A. y Puente González A. (2012)

- Los principales determinantes de adopción de semillas transgénicas son tanto el precio como la percepción sobre el monto de las pérdidas económicas ocasionadas por malezas y plagas. Otro factor clave en la adopción de semillas transgénicas es la rentabilidad del cultivo. Por ello, en el caso específico de los maíces *Bt* la definición de *umbrales económicos* es definitiva, los cuales se refieren al monto de la pérdida económica ocasionada por un determinado nivel de infestación de una plaga específica, a partir del cual se justifica una erogación adicional en pesticidas. No obstante, el SIAP (Sistema de Información Agrícola y Pecuaria) y el SENASICA carecen de un sistema confiable de costos y de información sobre el grado de infestación por plagas que permita estimar de manera confiable dichos umbrales y con ello orientar las decisiones del productor. La escasa información existente sobre los umbrales económicos para *Spodoptera frugiperda* (gusano cogollero) y para diabrotica (plagas de la raíz) proviene de universidades públicas, la cual se genera esporádicamente y se refiere sólo a algunas zonas maiceras (Bahena, 2003).
- Las líneas *Bt* actualmente disponibles en el mercado no son relevantes para algunas de las principales plagas de México como el gusano cogollero. Tampoco es previsible que las compañías semilleras tengan suficientes incentivos económicos para desarrollar líneas que expresen toxinas *Cry* específicas ya que, como se dijo, el mercado mexicano es pequeño y altamente heterogéneo.
- El empleo de semillas *Bt* hace imperativa la creación de "refugios". En el caso de que se prescindiera de la aplicación de insecticidas, se asigna de 10 a 20% de la superficie de cultivo a la siembra de variedades convencionales. Pero cuando los insecticidas se tienen que aplicar —dado el nivel de infestación de plagas en la zona— el área de amortiguamiento se incrementa hasta 40% de la superficie total. Como las zonas de refugio son las que sufren mayor daño por el ataque de plagas habría que ponderar si dichas pérdidas se compensan con posibles incentivos económicos provistos por parte de las compañías semilleras, o bien habría que incluirlas como mermas en la contabilidad del cultivo (Altieri y Rosset, 1999).
- En el caso de los maíces *Ht* no se descarta que para capitalizar posibles ahorros en el rubro de herbicidas sea necesaria la pre-

sencia de economías de escala en las unidades de producción. Es decir, dado que en México—incluso en la agricultura empresarial—la producción maicera se hace en predios de mucho menor tamaño que en la agricultura de Estados Unidos o Argentina, no son esperables los mismos beneficios que se observaron en los primeros años subsecuentes al uso de semillas transgénicas en dichos países.

- Entre las externalidades a considerar se tendría que tomar en cuenta un mayor uso de herbicidas por la presentación de resistencia en las malezas y, en consecuencia, daños acumulativos a los acuíferos e impactos en los ecosistemas acuícolas, como el ocasionado en el Mar de Cortés por efluentes agrícolas provenientes de los estados del noroeste. Igualmente, como se ha dicho reiteradamente, se tendría que tomar en cuenta la presentación de resistencia en los insectos, ello a pesar de la utilización de los denominados refugios y de las estrategias de las compañías semilleras de reducirlas mediante la incorporación de transgenes que expresen simultáneamente varias toxinas de la bacteria *Bt* (*Bacillus thuringensis*).

La siembra de transgénicos en el marco de la bioeconomía

La bioeconomía de un país o de una región puede considerarse como el conjunto de actividades de investigación y desarrollo e innovación que aprovechan sustentablemente los atributos presentes en sus recursos genéticos, generando nuevos procesos y productos en beneficio de sus ciudadanos e industrias. Los beneficios pueden incluir ganancias en la productividad, en el valor nutrimental de los alimentos, así como un mayor cuidado del medio ambiente (OECD, 2005). Si bien la bioeconomía depende de la concatenación de los avances científico-tecnológicos de la biología, la química y la informática, su orientación y conducción tienen que ver directamente con la política pública, pues incide no sólo en el uso sustentable de los recursos genéticos sino también en el crecimiento económico y en la distribución de beneficios. Por lo mismo, los derechos de propiedad intelectual sobre las variedades mejoradas añaden una dimensión adicional a la conducción de la bioeconomía.

Desde el punto de vista bioeconómico, la mayor repercusión en la agricultura mexicana del uso de cultivares transgénicos consiste

en la altamente probable diseminación de los transgenes tanto a los cultivares convencionales del sector privado y público como a los cultivares autóctonos de los pequeños productores e indígenas (Serratos *et al.*, 2000; Kato, 2004). Las vías de diseminación de los transgenes son básicamente la polinización cruzada entre sembradíos contiguos o vecinos y la que podría ocurrir por la práctica de los productores tradicionales de intercambiar semillas y de probar muestras de cultivos que encuentran en los campos de cultivo, además de la importación y siembra ilegal de dichos materiales. Varios investigadores mexicanos afirman que la diseminación de transgenes equivale a un proceso acumulativo de “introgresión no asistida” que—al cabo de algunos ciclos agrícolas—puede ocasionar daños al genoma del maíz e inclusive reducir la prolificidad de la especie, entre otras afectaciones a la planta (Kato, 2004).

La ponderación de costos y beneficios para la agricultura nacional por el uso comercial de maíces transgénicos supone, en primer lugar, la valoración económica del acervo de germoplasma en su estado actual (Smale *et al.*, 1998). Por ser éste el principal activo de la bioeconomía del maíz, cualquier estimación sobre su valor económico real sería parcial porque su prospección, caracterización y aprovechamiento en programas de mejoramiento no ha sido exhaustivo; de modo que las variedades actualmente disponibles en el mercado derivan de sólo una decena del total de 59 razas. Es decir, tanto las instituciones públicas como las compañías semilleras se circunscriben a un conjunto de colecciones *ex situ* dejando a otras de lado por considerarlas marginales. No obstante, tanto estas últimas como el germoplasma del maíz y de especies silvestres emparentadas (teocintle (Serratos *et al.*, 1996) y *Tripsacum*) en constante transformación y que aún no ha sido siquiera identificadas para ser evaluadas, podrían albergar los genes específicos para hacer frente a factores bióticos y abióticos adversos en el presente y el futuro. Tampoco existe, hasta ahora, una metodología confiable para establecer grados o niveles de diversidad genética, lo que resta posibilidades a una valoración económica de ésta (Morris y Heisy, 1998). Al respecto, es importante subrayar que no existe un indicador único de diversidad de los recursos genéticos; existen varios y los disponibles dependen de la posibilidad de agrupar rasgos, marcadores, plantas individuales o poblaciones para derivar indicadores de disimilaridad entre éstos (Evenson y Lemarié, 1998). Además, los criterios de elección de los investigadores, con un determinado propósito, pueden diferir de los que utilizaría un agricul-

tor para definir diversidad y por tanto para valorar empíricamente el grado de diversidad presente o deseable.

De modo que, en la actualidad, no es posible dar cabal respuesta a tres preguntas torales: ¿cuál es el potencial económico del acervo de germoplasma mexicano?, ¿vale lo mismo el germoplasma en su estado actual que mezclado con genes de otras especies?, y ¿cómo garantizar el acceso en el largo plazo a los instrumentos de la bioeconomía —la biología molecular, la genética, la genómica, la proteómica y la química fina— de su materia prima: la biodiversidad de maíz? Respecto de este último punto, vale recalcar —como es evidente y ampliamente reconocido— que el logro de niveles sostenibles de productividad agrícola nacional y mundial suponen el uso continuo y el acceso irrestricto a germoplasma con amplia diversidad y variabilidad genética (Day-Rubenstein *et al.*, 2005).

En consecuencia, México, por ser centro de origen y depositario de la mayor diversidad de maíz —sujeta ésta a dinámicos procesos, tanto evolutivos como de erosión genética—, tiene una gran responsabilidad, actual y futura, en el aprovechamiento sustentable de sus recursos genéticos, y no sólo para con sus propios ciudadanos, sino también con toda la humanidad. Es por esto que el punto de partida, o la base, para decidir el uso de los maíces transgénicos en México es completamente distinto al de los países altamente industrializados que no son biodiversos, como lo es también para los países que se ven forzados a usar semillas transgénicas por la crisis alimentaria en ciernes (Dafang, 2010).

Papel del Estado en la conservación

El papel del Estado en la conservación del germoplasma es insustituible, ya que el germoplasma es, y debe mantenerse como, un bien común. Por lo tanto, la prospección, conservación y uso de los recursos fitogenéticos es una actividad estratégica y una responsabilidad ineludible del Estado mexicano. Actualmente, los derechos de propiedad intelectual sobre materiales genéticos privados —si bien protegen la inversión de las empresas— podrían, en el futuro, restringir el acceso a los actores más débiles como son las empresas semilleras medianas y pequeñas.

Otro aspecto crítico es que la legislación sobre la propiedad intelectual que protege a los maíces transgénicos en Estados Unidos es doble: los certificados de obtentor se otorgan a los híbridos y los de patente a los

transgenes. Cabe la pregunta, ¿su aprobación y vigencia plena de derechos de propiedad intelectual incidiría en la jurisprudencia mexicana en la materia? Se toca este punto porque la política mexicana de protección industrial excluye el otorgamiento de patentes a organismos vivos. En Estados Unidos la alta concentración de las patentes biotecnológicas en un puñado de empresas genera ya controversia en lo referente a la justa competencia mercantil (Moss, 2009). Asimismo vale cuestionarse si las empresas dueñas de un determinado transgen demandarían legalmente a las pequeñas y medianas semilleras que ofertan variedades de maíz si éstas se contaminan en campo, posibilidad que afectaría su supervivencia en el mercado (Turrent y Espinosa, 2013).

El fomento de la bioeconomía del maíz no puede circunscribirse a la agricultura empresarial del país, ni depender de las decisiones de las empresas privadas que pretenden desarrollar sus productos a partir de una base genética estrecha. Esto podría implicar, precisamente, mayores grados de vulnerabilidad ante nuevas plagas y enfermedades, como el brote epidémico del hongo *Helminthosporium maydis* en 1970 en Estados Unidos (Tatum, 1971). Al respecto, se propone que la condición de empobrecimiento de la base genética en una determinada región o país se exacerba por un proceso social denominado “trampa social” (Schmid, 1987). Se ha observado que cuando los productores de una región cuentan con una dotación de recursos, incentivos, conocimientos y experiencias similares, tienden a adoptar los mismos cultivares (Morris y Heisy, 1998). Se llega entonces a una situación en la que las decisiones de los agricultores individuales, actuando en su propio interés, producen una situación indeseable de “homogeneidad” para el conjunto de productores, pues se incrementan por igual los riesgos ante factores bióticos y abióticos. De esta manera, la interacción de las decisiones de las empresas semilleras, el proceso social descrito, más el abandono —y pérdida definitiva— de las variedades de polinización libre por los maiceros que adoptan cultivares híbridos se podrían potenciar en un creciente proceso de empobrecimiento genético del cultivo.

Las posibles acciones de fomento por parte del Estado tendrían que incluir a los maiceros tradicionales, que suman 3.2 millones de familias, quienes al sembrar y mejorar *in situ* sus propias variedades custodian y fomentan la diversidad y variabilidad del maíz. Una forma de promover la participación de indígenas y campesinos en la conservación *in situ* es otorgando apoyos económicos tanto a la producción en milpa como a la reproducción de cultivares que sean de interés para los productores

así como para la SINAREFI (Sistema Nacional de Recursos Fitogenéticos para la Alimentación y la Agricultura). Se les reconocería con ello un servicio ambiental. Otra medida sería el fortalecimiento de programas de mejoramiento genético del sector público en zonas de alta diversidad a fin de que, por medio del enfoque participativo, se generen cultivares relevantes que los agricultores deseen conservar (Perales *et al.*, 1998). Precisamente, los maiceros tradicionales no adoptan variedades producidas por las compañías semilleras diseñadas para incrementar rendimientos porque, generalmente, no buscan maximizar ganancias sino su valor de uso (Perales *et al.*, 1998). Otra razón es que también las variedades generadas por el sector público no corresponden a las condiciones de sus agroecosistemas específicos.

Lo anterior, no significa dejar de aprovechar los avances de la biotecnología para reforzar el trabajo de caracterización del germoplasma y el mejoramiento genético —mediante marcadores moleculares— así como la introducción de alelos de una determinada variedad de maíz que expresen atributos deseables en otras variedades de la misma especie. Tampoco significa negar la importancia de la biotecnología para desarrollar tecnologías de biorremediación de suelos contaminados o de paquetes para diagnóstico que permitan detectar virus, hongos y otros patógenos a fin de tomar las decisiones pertinentes en esquemas de manejo integrado de plagas (Visser, 1998). Por ello, se requiere de una política biotecnológica para el maíz, que oriente los trabajos para generar los materiales que requieren las diferentes regiones del país y los diferentes sistemas de producción, preservando la diversidad genética de los materiales nativos.

El fomento de la cadena de valor del maíz por medio de las aplicaciones biotecnológicas descritas podría complementarse con diferentes instrumentos de propiedad intelectual: denominaciones de origen para maíces de especialidad, como lo ha hecho el gobierno del Perú, y posiblemente obtención de marcas “libre de transgénicos”, y la adopción de etiquetados similares que permitan alcanzar mejores precios en los mercados (Valetta, 2009). El desarrollo de la bioeconomía descansa en dos pilares: la conservación de la biodiversidad y variabilidad genética, y la puesta en marcha de un efectivo aparato de bioseguridad (Massieu *et al.*, 2000).

Finalmente, conviene consignar que el hecho de no haberse autorizado hasta ahora el uso comercial de maíces transgénicos brinda a México la oportunidad única e irrepetible de proporcionar maíz “natural”

como insumo a su cadena de valor. Esto permitiría tanto a cooperativas de agricultores como a las industrias harineras y a la de los productos refinados como jarabes y otros edulcorantes ofertar dichos productos en el extranjero con atractivos sobrepuestos. El jarabe de fructosa elaborado con harinas de granos no transgénicos —independientemente de su valor nutricional o de su inocuidad— gozaría de la preferencia de aquellos consumidores que premian la producción sustentable de alimentos. Los productos y refinados de maíz tendrían mayor aceptación que aquellos que utilizan granos transgénicos como insumo. Tampoco se debe excluir la posibilidad de exportar cortes de carne de animales engordados con pasto y maíz no transgénicos.

Si bien la producción orgánica de maíz o la producción con bajos insumos representan una alternativa para pequeños productores, la introducción de semillas transgénicas tiene el potencial de anular o afectar —vía diseminación de transgenes— el proceso de certificación orgánica y la posibilidad de aprovechar etiquetas “libre de transgénicos” para los productos de maíz en busca de sobrepuestos. Igualmente, se podría diseminar transgenes que confieran resistencias a poblaciones de insectos y a malezas en los predios de los productores orgánicos o de bajos insumos.

Dimensión política del uso de maíces transgénicos

Ciertamente, la presión que ejercen las empresas semilleras extranjeras para lograr la autorización del uso comercial de transgénicos en México no ocurre en un vacío productivo, ni sociopolítico o histórico. Confluye y se refuerza con el avance de la agricultura intensiva en capital en el país ligada a la industria proveedora de insumos y de la transformación, y que carece de sustentabilidad si se considera el daño a suelos y acuíferos, así como el enorme gasto energético que implica.

Al respecto resulta de sumo interés constatar algunos paralelismos entre los patrones de innovación tecnológica de Estados Unidos y México. El primero tiene su fundamento tanto en la liberación comercial de las primeras variedades híbridas, en 1860, como en el empleo masivo de fertilizantes químicos y el concomitante proceso de mecanización agrícola que desplazó 30 millones de agricultores que fueron empleados por las industrias (Polanco, 1990). La industrialización del maíz (almidón y piensos ganaderos) tiene sus antecedentes igualmente en el siglo XIX y continúa en el XX con la obtención de productos refinados como el jarabe de alta fructosa y de

varios combustibles (Polanco, 2008). Los procesos de innovación han sido vertiginosos: como ya se dijo, el desplazamiento de las variedades de polinización libre por variedades híbridas convencionales llevó sólo 30 años y el de éstas por las semillas transgénicas la mitad de ese lapso.

De manera convergente, en Estados Unidos se ha dado un doble proceso de concentración: de las tierras de cultivo y en el sector industrial de los insumos, el cual condujo, primero, a la integración de las industrias farmacéuticas, de fertilizantes y semillas, y después —mediante fusiones y adquisiciones entre éstas— a la actual preeminencia de cinco grandes consorcios multinacionales, entre las cuales una empresa se ha erigido en la dominante. El liderazgo de dicha empresa se debe al desarrollo de una *plataforma semillera* que descansa en su avanzada capacidad en materia de genómica e ingeniería genética, en la propiedad de las patentes de los transgenes, en la posesión de los híbridos de élite y el control de los canales de distribución comercial (Moss, 2009). Se argumenta que esta empresa líder recurre a conductas que inhiben la competencia, pues impide el acceso a sus transgenes a las compañías rivales y crea incentivos negativos a las empresas semilleras locales que no le sirvan de canal comercial (Moss, 2009). Otros aducen que la enorme concentración de la industria biotecnológica agrícola ha desacelerado la inversión en investigación y desarrollo (Schimmelpfennig *et al.*, 2004), y que reduce aún más las opciones de los agricultores ya inmersos en el uso de cultivares transgénicos. También se afirma que el predominio de los cultivos transgénicos ha reorientado la agenda de investigación del sector público, restando recursos financieros a otros tópicos de mayor interés para la sociedad en su conjunto, como la producción agroecológica del maíz (Altieri y Rosset, 1999). Sin duda, la pauta actual de innovación agrícola es establecida por la industria biotecnológica que, de manera creciente —vía precios y reducción de alternativas al agricultor— tiende a apropiarse de una proporción creciente de los márgenes de ganancia de los productores.

El acceso y control de los frutos de la genómica y la biología molecular por medio de patentes, junto con el de los canales directos de comercialización de semillas, ha sido un factor determinante en la configuración del actual complejo agrobiointustrial de Estados Unidos —de alcance global— que ha trastocado, de hecho, el carácter de las tradicionales cadenas agroindustriales integradas verticalmente. En la actualidad, el acceso al genoma de numerosos organismos permite la confluencia de los negocios en torno a la oferta de productos alimenticios, nutricionales, farmacéuticos y bioenergéticos.

En cambio, en México el patrón de innovación tecnológica de la agricultura empresarial, aunque apunta en el mismo sentido que el estadounidense, tiene otros tiempos y antecedentes. Los principales esfuerzos de modernización de la agricultura mexicana fueron emprendidos por los sucesivos gobiernos posrevolucionarios y consistieron en la expansión de la infraestructura hidráulica, la provisión de crédito y seguro agrícolas, el establecimiento de instituciones de investigación y la prestación de servicios de asesoría técnica y apoyos a la comercialización. La administración de estos servicios en México fue altamente centralizada en contraste con el papel coadyuvante en el desarrollo agrícola de los estados y condados estadounidenses.

La estrategia de modernización del aparato de investigación agrícola mexicano, apoyada desde 1943 por la Fundación Rockefeller, tuvo dos vertientes: la formación de recursos humanos en universidades *Land Grant* de Estados Unidos, y la definición de un programa de mejoramiento genético del maíz que dio preferencia a los cultivares híbridos sobre las variedades de polinización libre, las cuales se acoplan a las prácticas de selección y conservación de semillas de los agricultores tradicionales. Curiosamente, en sus primeras etapas, este programa estadounidense de formación de doctores en ciencias dejó de lado la genética, reservando, quizás, tal función a la iniciativa privada (Polanco, 2008).

Con estas decisiones de política pública se optó por el desarrollo agrícola de zonas de riego y buen temporal y se dejó de lado la agricultura tradicional practicada por pequeños productores e indígenas. La prioridad de dichas políticas era incrementar los rendimientos por hectárea para asegurar el abasto de alimentos, a bajo precio, a la creciente población asentada en zonas urbanas. Se privilegió el desarrollo agrícola a costa del desarrollo rural pues se dejaron de considerar los objetivos y necesidades de los productores tradicionales: se desdeñaron los conocimientos autóctonos, las semillas nativas altamente adaptadas a los numerosos nichos ecológicos y en particular se ignoró por completo al sistema productivo de la milpa.

No sorprende, por tanto, que el país carezca de una política apropiada de recursos genéticos centrada en los derechos de los campesinos e indígenas (Martínez y Torres, 2001) dirigida a generar beneficios económicos a favor de dichas comunidades. También derivado de lo anterior, tampoco debe sorprender que los tomadores de decisiones de la economía y la agricultura de México consideren al maíz como una mera mercancía a ser producida localmente o importada según las

denominadas ventajas comparativas de la agricultura, sin considerar el valor, significado y múltiples usos que tiene la planta y su grano para las comunidades rurales.

Además, la inclusión del maíz en el TLCAN se hizo sin tomar en cuenta la competencia desigual con los países socios comerciales ni el creciente uso del maíz como insumo por la industria de los biocombustibles. Al respecto, vale recordar que el interés del *lobby* maicero estadounidense de vender maíz a México se remonta al siglo XIX (Nadal, 2000). La apertura comercial en el estratégico y neurálgico rubro del maíz se hizo sin tomar en cuenta el papel colectivo e individual de los agricultores tradicionales en la conservación de la biodiversidad del cultivo, ni la vulnerabilidad de los sistemas de producción tradicionales del grano, los cuales —aunque dirigidos al autoconsumo— resintieron los impactos económicos en cascada provocados por el grano importado a bajo precio. Un estudio comparativo entre Estados Unidos y México demuestra que la estructura de apoyos difiere sustancialmente: mientras en México el grueso de éstos son apoyos directos al productor, en Estados Unidos se canalizan principalmente a los servicios, es decir, a la innovación tecnológica (Puente, 2010), por lo que la brecha de competitividad entre ambos países crece. Sin duda, las importaciones masivas de alimentos contribuyeron a la migración masiva e ilegal de agricultores y peones hacia Estados Unidos, y con ello a debilitar las redes sociales que mantienen la diversidad y variabilidad genética de nuestro principal alimento. La quiebra de decenas de miles de productores derivada en parte por los efectos del TLCAN orilló a muchos a la siembra de cultivos ilícitos y de paso atizó la creciente dependencia alimentaria de Estados Unidos en cereales, oleaginosas y, más recientemente, de leche en polvo.

Las políticas neoliberales puestas en marcha en particular desde los noventa, redujeron el aparato público de investigación agrícola, desembocando en la privatización de los servicios públicos de extensión y la cancelación de las empresas paraestatales productoras de semillas y de fertilizantes. La privatización de Fertimex hace ahora necesaria la importación de urea de Ucrania, y el cierre de la PRONASE permitió a las empresas importadoras transformarse en productoras y a las multinacionales asentarse en el país. Dos de ellas concentran actualmente el grueso del mercado y, sin duda, por el alto potencial de rendimiento y estructura de planta de sus híbridos, contribuyen actualmente a la alta productividad maicera de Sinaloa y otros enclaves en Jalisco y Chihu-

ahua. En contraste, son pocas las empresas nacionales abocadas al maíz y atienden mercados pequeños. No obstante, la ausencia de la industria estatal de semillas, por un lado, deja sin salida al INIFAP para colocar sus variedades en el mercado y, por el otro —en un mercado oligopólico—, favorece la tendencia alcista del precio de las semillas (Polanco, 2008).

Mientras que en la Unión Europea el proceso de legislación y reglamentación de la bioseguridad de los cultivos transgénicos atiende y balancea los intereses de la ciudadanía y de la industria, y se apoya en estructuras supranacionales que incorporan los aspectos de legitimidad y legalidad (Skogstad, 2003), en el caso de México, inserto en el TLCAN, la aprobación de los transgénicos y su reglamentación se da bajo el influjo del bilateralismo, por el cual el USDA —respondiendo a los intereses de las multinacionales— presiona a México hacia una política agrícola que renuncia a la soberanía alimentaria y de los recursos genéticos.

Además, el TLCAN tiene instrumentos débiles para atender los aspectos ambientales y de equidad relacionados con el proceso de integración económica de la región, quizá porque las multinacionales influyen —si no es que determinan— la definición de las políticas públicas de Estados Unidos y Canadá, que no tienen mayor biodiversidad maicera que defender, además de que la presión ciudadana para demandar una agricultura sustentable no es lo suficientemente fuerte.

El interés por lograr la aprobación de maíces transgénicos ha sido esencialmente de las empresas multinacionales radicadas en México. La SAGARPA no ha tenido en los últimos lustros una vocación clara para la producción temporalera o tradicional de maíz, salvo el Programa de Apoyo a la Cadena Productiva de Maíz y Frijol, PROMAF, cuyos recursos monetarios benefician más a las entidades que fungen como intermediarias financieras y a las empresas proveedoras de insumos y equipo agrícolas que a la población objetivo, siendo frecuente los desvíos y mal uso de recursos por parte de las organizaciones de productores (Revista digital contralínea, 2010). Otros modestos apoyos son los que se canalizan a la conservación de germoplasma, por medio de la SENEREFI. En marcado contraste los subsidios que otorga el Gobierno Federal, a través de PROCAMPO, benefician de manera inequitativa a los productores con predios grandes; similarmente los Apoyos a la Comercialización, se concentran en los estados de Sinaloa y Tamaulipas (Durán *et al.*, 2005; Fox y Haight, 2010) e incluyen a empresas comercializadoras como Cargill *para cofinanciar el traslado de grano hacia el centro del país.*

Las empresas semilleras multinacionales han efectuado una larga e intensa labor de cabildeo ante el Gobierno Federal, el Poder Legislativo, los medios de comunicación masiva y entre algunas asociaciones de productores de grano. Los argumentos han sido los de una mayor productividad y el del cuidado del ambiente como resultado de un menor uso de agroquímicos. También algunas asociaciones de productores de maíz en las áreas de riego del norte del país, han externado su interés por usar variedades transgénicas. No obstante, no se cuenta con una clara estrategia productiva que busque la especialización regional por tipos de maíz —maíz amarillo de uso ganadero e industrial para el noroeste del país y partes del estado de Jalisco, y en el resto del país los maíces blancos y de “colores” para consumo humano—, con lo cual se consolida el desbalance productivo y las importaciones de maíz amarillo continúan al alza.

Las estrategias de las multinacionales en México para lograr la aprobación de sus semillas transgénicas han incluido una gama de acciones complementarias:

- Cooptación de la Asociación Mexicana de Semilleras, AMSAC, y desde ahí marcar el rumbo de la Ley sobre Producción, Certificación y Comercio de Semillas del 2007 (Diario Oficial de la Federación, 2007), así como la participación en la creación del Sistema Nacional de Semillas, de carácter consultivo para la SAGARPA en la definición de políticas, y pugnar por una sobrerrepresentación en su órgano de gobierno;
- constitución de una sociedad civil que financia y premia trabajos de biotecnología e incluso de periodismo afín;
- apoyo mediático a maíces tolerantes al aluminio generado en una institución del sector público;
- cooptación de iniciativas de organizaciones de productores para la conservación de germoplasma de variedades nativas;
- desacreditación de los cuestionamientos realizados por investigadores de instituciones públicas;
- promoción de la propuesta de coexistencia de cultivo de maíces “criollos” y transgénicos (Cunill, 2003) mediante la creación de áreas reservadas a los maíces autóctonos;
- intenso cabildeo ante el Congreso de la Unión e instancias de la SAGARPA;
- campañas mediáticas que presentan los maíces transgénicos como la solución a los problemas de productividad y desabasto de gra-

no, en las cuales los agricultores mexicanos claman estar en una situación de franca desventaja —sin semillas transgénicas— ante la competencia de los agricultores de Estados Unidos;

- modificación de las percepciones del público respecto del uso de semillas en la agricultura, aduciendo que la gente ya los consume en tortillas y otros alimentos preparados con granos de importación.

Las campañas mediáticas y el cabildeo del complejo agrobiotecnológico que busca difundir sus productos transgénicos ha sido relativamente exitoso en ciertos círculos gubernamentales y empresariales, y aun entre académicos de México y de los Estados Unidos. Un estudio, realizado por la Universidad de Harvard en México sobre la percepción de los actores políticos involucrados en el debate en curso sobre dichas tecnologías, afirma que los encuestados ven la ingeniería genética como una promesa para lo que ellos consideran la prioridad: la producción maicera en condiciones de sequía; se preocupan por la resistencia de las plagas a los *Bt*, y estiman que el etiquetado que advierta sobre los insumos transgénicos en los alimentos debe ser obligatorio, aunque dudan de su observancia. El estudio concluye que el debate público en México lo dominan actores moderados tanto del gobierno como de la academia, lo que evita “la lucha inefectiva entre posiciones dogmáticas” (Aerni, 2001).

Empero, no hay que perder de vista que la autorización del uso comercial de semillas de maíces transgénicos se daría en un contexto de marcado deterioro del aparato público responsable de la vigilancia y el cumplimiento del marco de bioseguridad. Esto no sorprende, pues el desmantelamiento institucional ha continuado y la inversión pública en recursos humanos, infraestructura y gastos de operación de las funciones sustantivas de impulso a la bioeconomía, se canalizan preferentemente hacia los programas asistencialistas de la población rural.

Destacan las siguientes áreas sensibles:

- la erosión institucional del INIFAP en términos de recursos humanos, presupuestos y funciones. El Instituto que antes se encargaba de realizar pruebas sobre la calidad de insumos agrícolas las ha abandonado porque las actuales directrices de política asumen que son las compañías privadas las encargadas de orientar al consumidor sobre la cantidad y calidad de los insumos agrícolas

a ser utilizados. Se parte del supuesto de que los mecanismos de mercado premian o castigan a las empresas por la calidad de sus bienes y servicios. Además, el Instituto no puede destinar recursos suficientes a la urgente actualización y renovación de su plantilla de investigadores;

- la debilidad de las instancias públicas de regulación y vigilancia de la bioseguridad. El hecho de que no se pongan en marcha mecanismos que aseguren la inocuidad respecto de las aflatoxinas en el maíz y la soya que se importa masivamente de Estados Unidos invita a pensar que se combinan la falta de voluntad política con la debilidad institucional en detrimento de los objetivos de salud pública. ¿Por qué sería distinto en el caso de las semillas transgénicas de maíz?;
- el actual marco institucional del país —conformado por el conjunto de valores actitudes y conductas de los actores económicos, sociales y políticos— facilita actos ilícitos y de corrupción como el contrabando de semillas transgénicas de maíz en estados fronterizos. Las actuales reglas del juego no permiten imaginar que se impongan sanciones a infractores a la pautas de bioseguridad, a las normas de aseguramiento de la calidad e inocuidad de alimentos, así como al etiquetado de productos alimenticios.

La autorización de siembras comerciales de maíces transgénicos no es una decisión técnica que se pueda reducir al solo propósito de disminuir el uso de agroquímicos o de mejorar rendimientos en campo que incrementen la rentabilidad del productor y contribuyan al abasto de grano y forraje. Es una decisión política de vastos alcances que incide en el uso sustentable de los recursos naturales, y también una decisión que atañe a la equidad social, pues hasta ahora dicha tecnología no resuelve de manera clara los problemas que dicen las empresas semilleras y, en cambio, resta oportunidades de mercado, no sólo a los productores tradicionales —campesinos e indígenas—, sino a la cadena de valor en su conjunto. El uso de transgénicos podría también afectar la inocuidad del principal alimento del pueblo mexicano, sobre todo porque fácilmente se desviarían granos importados, o en su caso producidos en México, para alimentar el ganado, y producir harinas y masa para tortillas. No se puede excluir que a los graves problemas de salud pública, obesidad y diabetes, por ejemplo,

se agreguen otros padecimientos crónicos como alergias y procesos inflamatorios derivados del consumo de alimentos transgénicos. La economía laboral resentiría una carga adicional, como ausencias en el trabajo, erogaciones por medicamentos y consultas, y una mayor saturación de las instituciones médicas.

Las biotecnologías que modifican el genoma de los cultivos estratégicos no son neutrales, debido a que sus alcances dependen del contexto socioeconómico y cultural al que se destinen. Los costos en investigación y desarrollo obligan a las empresas privadas, por un lado, a concentrarse en pocos materiales genéticos y, por el otro, a asegurar dividendos mediante mecanismos de protección intelectual como las patentes y certificados del obtentor. Así mismo, las exigencias de la producción agrícola industrial imponen criterios de uniformidad de las variedades utilizadas, por ejemplo de la altura de plantas para la cosecha mecánica. El cambio de escala resulta de los procesos de crecimiento de las unidades de producción, y por ende, de la concentración de la tierra para paliar los efectos de sobreproducción y descenso en la rentabilidad por unidad de superficie. Igualmente el cultivo de grandes superficies facilita la aplicación o subcontratación de la aplicación de herbicidas. Visto en conjunto, este modelo de producción genera altos costos económicos, sociales y ambientales porque se hace a costa de la biodiversidad y variabilidad genética del maíz, del dispendio de agroquímicos, energéticos y agua y, como se ha visto, inhibiendo de paso la competencia comercial. La emigración masiva de productores rurales y la erosión genética de su principal cultivo tiende a disolver el vínculo entre conocimientos ancestrales, aprovechamiento sustentable de los recursos genéticos y enriquecimiento de bienes intangibles —por ejemplo, de la gastronomía u otros usos culturales. La profundización del modelo de capital intensivo en México —mediante el uso de semillas transgénicas— no es una fatalidad: el mismo Banco Mundial reconoce la importancia de los pequeños productores y de la urgencia de revertir el deterioro de los recursos naturales.

Conclusiones

La búsqueda de ganancias lícitas es inherente a la empresa privada. Y es comprensible que las compañías semilleras busquen ampliar sus mercados internacionales y recuperar las cuantiosas inversiones que

realizan en el mediano y largo plazo: el proceso de obtención de un nuevo cultivar transgénico dura alrededor de 10 años y cuesta cerca de 30 millones de dólares (Manalo y Ramón, 2007). De dicho monto, aproximadamente dos terceras partes corresponden a erogaciones relacionadas con el cumplimiento del marco de bioseguridad y los gastos de promoción y mercadeo (Manalo y Ramón, 2007). Por lo anterior, también es comprensible que pugnen por simplificar las regulaciones de bioseguridad e incluso homologarlas, y sincronizar los procesos —como se solicita en el caso de la Unión Europea (Rosendal, 2005). Es fácil también apreciar que para el complejo agroindustrial estadounidense resulta estratégico recuperar mercados abatiendo la resistencia de los consumidores de otras naciones a sus exportaciones de soya y maíz transgénicos y sus derivados.

Lo que no se comprende es lo siguiente: ¿por qué no se sigue una política diferenciada de introducción de cultivares transgénicos en aquellos países que son origen y fuente de la mayor diversidad del cultivo en cuestión? Tal es el caso del maíz en México. O ¿acaso consideran las empresas que el acervo de maíz en los bancos de germoplasma en Estados Unidos representan toda la biodiversidad y variabilidad existente? Más allá de especulaciones, el hecho es que la primera generación de maíces transgénicos, *Ht* y *Bt*, no tiene resultados consistentes horizontalmente, es decir en unidades de producción bajo diversas condiciones, ni longitudinalmente a lo largo de los años. Poner en riesgo el germoplasma de la fuente y sitio de mayor biodiversidad del maíz va en contra del interés, en el largo plazo, de las mismas semilleras transnacionales.

Tampoco se comprende el esfuerzo desplegado por las compañías multinacionales para lograr la introducción de semillas transgénicas en un mercado de tamaño tan limitado como es el de la agricultura empresarial de México. A no ser que el plan de negocios sea más bien la producción de semillas para exportación; en México podrían lograr dos cultivos al año y bajar sensiblemente sus costos de mano de obra —por ejemplo, del desespigue en la producción de híbridos—, amén de la cercanía con el mayor mercado mundial.

Aun cuando las semillas transgénicas tuvieran beneficios económicos a nivel del productor, no se pueden soslayar los riesgos al medio ambiente, al acervo de germoplasma y la salud pública, de modo que el mejor análisis es el de riesgos —los cuales no vale la pena correr bajo el marco institucional vigente y la escasa capacidad de un aparato

público de bioseguridad debilitado aún más por la nula colaboración de las mismas multinacionales semilleras para desarrollar instrumentos de vigilancia y detección precisos, confiables y creíbles.

En suma, la primera generación comercial de semillas transgénicas de maíz *Ht* y *Bt* representa sólo una tecnología biológica entre varias. Destacan otras alternativas de alta complementariedad y bajo costo: la producción orgánica, el empleo de biofertilizantes y bioinsecticidas, la producción con bajos insumos y de labranza de conservación, la mediana y pequeña “agricultura de precisión”, las labores de control de malezas, el manejo integrado de plagas, y las mejoras del predio en terrenos accidentados como bordos y trazado de curvas de nivel. La producción de maíz orgánico puede ser para México una alternativa de gran impacto, tanto en el mercado nacional como internacional, más aún si se considera que es una práctica tradicional y también obligada —por la falta de capital de los maiceros y acceso a insumos— en los estados del centro y sur del país, en donde prevalece la siembra de materiales nativos o autóctonos con mínimo o nulo uso de fertilizantes y pesticidas. El impacto de esta opción también podría expandirse en combinación con la labranza de conservación, con la cual se tiene, además de ahorros importantes en el uso de la maquinaria, un mejor uso de la humedad disponible y, desde luego, un mayor cuidado del recurso suelo.

La producción de bajos insumos es la que ya practican muchos maiceros tradicionales, en monocultivo y en la milpa, pero requiere una cercana interacción de los productores con las instituciones de investigación científica para potenciarse, así como la integración de esfuerzos ahora dispersos de mejoramiento genético participativo, conservación *ex situ* y *in situ* de germoplasma, de rescate del conocimiento local y de conservación de suelos.

En cuanto al manejo de plagas, se tendría que profundizar y escalar las experiencias, como la de los investigadores del INIFAP y de las universidades agrícolas —por ejemplo, investigadores del Instituto han identificado alrededor de 70 parasitoides que combaten la plaga del cogollero (entrevista a los Dres. Alejandro Espinosa y Antonio Turrent). La disminución en las pérdidas de postcosecha, estimadas en 15 a 20%, por medio del mejoramiento de las condiciones de transporte y almacenamiento puede generar mayores beneficios financieros y económicos que los máximos estimados para los materiales transgénicos.

Un punto muy importante es que uno de los principales argumentos de las empresas multinacionales productoras de semillas transgénicas es

que sus productos son indispensables para cerrar las brechas productivas en la zonas maiceras. El argumento no es sólido pues de acuerdo a un estudio reciente en zonas temporaleras de Jalisco sobre los resultados de un esquema de asistencia técnica intensiva por parte de la empresa privada Atider, demuestra que la ejecución oportuna de labores y la racionalización en el uso de agroquímicos resulta en rendimientos comparables al promedio logrado por los maiceros de los EUA y los que se obtienen en Sinaloa en condiciones de riego. Resultados similares han sido reportados por otra empresa privada de asesoría técnica, Cycasa, también del estado de Jalisco.

La discusión sobre el uso de transgénicos de maíz ha sido larga y acalorada, pues atañe al patrimonio biológico y cultural de México y a la salud de los consumidores. La cadena de valor del maíz requiere una política integral que aborde los aspectos relativos a la conservación de los recursos naturales, los incentivos, la inocuidad alimentaria y el crecimiento económico con equidad social. Asimismo, se requiere una política biotecnológica de Estado para el desarrollo de la misma en el mediano y largo plazo, valorando los beneficios económicos, sociales y ambientales para el conjunto de la población, y que permita establecer un marco de bioseguridad con base científica, así como dirimir, con argumentos sólidos, posibles diferendos con las empresas transnacionales.

No se trata de limitar los beneficios de la investigación biotecnológica, ni de ignorar los costos ambientales de las actuales modalidades tecnológicas intensivas en capital que hacen un uso irracional de fertilizantes y agroquímicos. En cambio se trata de incorporar, de manera decisiva, la visión pública, y utilizar sus resultados en beneficio del país, principalmente del 80% de los productores del maíz. De lo anterior se puede concluir que el uso de transgénicos del maíz no está en el interés de la sociedad, de la conservación de la biodiversidad genética, ni de la gran mayoría de los agricultores. No es válido que después de varias décadas de ausencia de una política pública para resolver la limitada producción e ingresos de los productores, ahora desde los altos centros de decisión se considere tener la solución con el uso de transgénicos, con todos los riesgos que ello implica. Alternativamente, se tienen materiales genéticos relevantes y tecnologías apropiadas para elevar de manera significativa la producción y los ingresos, aunque ello requiere de un esfuerzo conjunto del gobierno, productores y sector privado. La producción sustentable y socialmente equitativa de maíz es un proceso largo, continuo y consistente.

Referencias

- Aerni, P. (2001) La Percepción Pública de la Biotecnología Agrícola en México. Centro para el Desarrollo Internacional de la Universidad de Harvard, Departamento de Sociología de la UAM, Cambiotec de la UNAM.
- Altieri M.A. and Rosset, P. (1999) Strengthening the case for why biotechnology will not help The developing world: a response to Mcgloughlin. *AgBioForum-Volume 2, Number 3 & 4*, 226-236.
- Bahena Juárez F. (2003) Control biológico de las plagas del Maíz en México: el caso del "gusano Cogollero" *Spodoptera frugiperda* (j. E. Smith) (Lepidoptera: noctuidae). *Impactos del Libre Comercio, Plaguicidas y Transgénicos en la Agricultura de América Latina*. México: RAPAM, 241.
- Benbrook, C. M. (2001) *The Farm-Level Economic Impacts of Bt Corn From 1996 through 2001: An Independent National Assessment*. Benbrook Consulting Services, Sandpoint Idaho. http://www.biotech-info.net/GMO_corn.pdf
- Benbrook, C. (2009) *Impacts of genetically engineered crops on pesticide use in the United States: The first thirteen years*. The Organic Center. www.organic-center.org
- Bota Arque, A. (2003) El impacto de la biotecnología en América Latina: espacios de participación social. *Acta bioethica*, vol. 9, n. 1, 21-38.
- Bravo, A. and Soberón, M. (2005) *Bacillus Thuringiensis: Mechanisms and use*. Citados por Díaz Camino, C. y Sánchez Rodríguez, F. (2007) Cultivos Transgénicos comerciales: Presente y Futuro. En *Biotecnología Agrícola en México: Oportunidades, retos y perspectivas*. Ed. José Luis Solleiro. Agrobio.
- Brookes, G. and Barfoot, P. (2006) Global Impact of Biotech Crops: Socio-Economic and Environmental Effects in the First Ten Years of Commercial Use. *AgBioForum*, 9(3), 139-151.
- Cline, William R. (2007) *Global Warming in Agriculture*. Washington, D.C.: Center for Global Development and Peterson Institute for International Economics,
- Cunill, A.M. (2003) *La coexistencia entre el maíz transgénico y el maíz tradicional* http://www.mapa.es/ministerio/pags/biblioteca/revistas/pdf_Agri/Agri_2003_857_826_828.pdf
- Dafang, H. (2010) *China signals major shift into GM crops*. www.scidev.net/en/new/china-china-signal-major-shift-into-gm-crops.html Consultado el 15 de febrero del 2010.

- Day-Rubenstein, K., Heisey, P., Shoemaker, R., Sullivan, J. and Frisvold, G. (2005) Crop Genetic Resources: An Economic Appraisal. *Economic Information Bulletin Number 2*, USDA.
- Denlinger, D.L., Yocum, G.D., Rinehart, J.P. (2004) Hormonal control of diapause. In: Gilbert, L.I., Iatrou, K., Gill, S.S., editors. *Comprehensive Molecular Insect Science*. Amsterdam: Elsevier. Vol. 7, p. 615-650
- Diario Oficial de la Federación (2007) *Ley sobre Producción, Certificación y Comercio de Semillas*. Abril, 24 de 2007.
- Durán Ferman, P., Schwentesius Rindermann, R., Gómez Cruz, M.A. Trujillo, .de D. (2005). *Análisis de Tres Evaluaciones Oficiales de ASERCA del Programa de Pagos Directos (Procampo) a la Agricultura Mexicana*. www.imagenagropecuaria.com/enviar.php?type=2&id...
- Evenson, R.E. and Lemarié, S. (1998) Crop Breeding Models and implications for valuing genetic resources. In: *Farmers, gene banks and crop breeding: Economic analyses of diversity in wheat, maize and rice*. Edited by Melinda Smale, Boston: Kluwer Academic Publishers.
- FIRA (2009) *El mercado de los fertilizantes en México: Situación actual y perspectivas*. México: Dirección Adjunta de Inteligencia Sectorial.
- Fox, J. and Haight, L. (2010) *Subsidizing inequality: Mexican corn policy since NAFTA*. U.C. Santa Cruz: Woodrow Wilson Center for Scholars. CIDE. 181.
- Galindo Luis Miguel, et. al. (2009) *La Economía del Cambio Climático en México*. Síntesis. México, Distrito Federal: Universidad Nacional Autónoma de México,
- Gurian-Sherman, D. (2009) *Failure to Yield: Evaluating the Performance of Genetically Engineered Crops*. Union of Concerned Scientists. UCS Publications, Two Brattle Square, Cambridge, Mass.
- Harwood, J., Day-Rubenstein, K.D. Dunahay, T., Heisey, P., Linwood, H., Klotz-Ingram, C., Lin, W., Mitchell, L. McBride, W. and Fernández-Cornejo, J. (2001) Economic Issues in Agricultural Biotechnology. Edited by Robin Shoemaker. *Economic Information Bulletin Number 762*, Economics Research Service, USDA.
- Heisey, Paul W. (2009) *Science, Technology, and Prospects for Growth in U.S. Corn Yields- Amber Waves*, Volume 7, Issue 4, December 2009. www.ers.usda.gov/amberwaves, Economic Research Service, USDA.
- Hillyer, G. (2005) *Seed Bank*. *Progressive Farmer*. <http://www.intellicoat.com/Prog.pdf> Consultado el 1 de Marzo del 2010.

- <http://contralinea.info/archivo-revista/index.php/2009/04/12/promaf-%E2%80%99Cirregularidades%E2%80%9D-por-193-mdp/> Consultado el 20 de Octubre, 2010.
- International Survey of Herbicide Resistance Weeds (2009). Citado por Gurian-Sherman, D. Op. cit.
- James, C. (2006) *Situación global de los cultivos transgénicos/GM comercializados: 2006. Resumen Ejecutivo*. BRIEF 35. International Service for the Acquisition of Agri-Biotech Applications.
- James, C. (2009) *Biotech Crops Global Overview*. *Plant Biotech Meeting*. Madrid, Spain 5 March, 2009, International Service for the Acquisition of Agri-biotech Applications. www.isaaa.org
- Kato Yamakake, T. A. (2004) Variedades Transgénicas y el Maíz Nativo en México. *Agricultura, Sociedad y Desarrollo*. Vol 1, Número 2, 101-109.
- López Pereira, M.A. and Morris, M.L. (1994) *Impacts of International Maize Breeding Research in The Developing World, 1966-1990*. México: Cimmyt.
- Manalo, A. J. and Ramon, G. P. (2007) The cost of Product Development of Bt Corn Event Mon810 in the Philippines. *AgBioforum*, 10 (1): 19-32.
- Marra, M.C., Pardey, P.G. and Alston, M.J. (2002) The payoffs to Transgenic field crops. An Assessment of the evidence. *AgBioforum*, 5(2), 43-50.
- Marra, M., Pannell D.J., Abadi Ghadim A. (2003) The economics of risk, uncertainty and learning in the adoption of new agricultural technologies: Where are we on the learning curve?. *Agricultural Systems*, 75(2/3), 215-234.
- Massieu Trigo, T., Chauvet, M., Castañeda Zavala, Y., González Aguirre, R.L. y Barajas Ochoa, R.E. (2000) Consecuencias de la Biotecnología en México: El caso de los cultivos transgénicos. *Sociológica*, Año 15, Número 44, 133-159.
- Martínez Gómez F. and Torres R. (2001) Hegemony, commodification and the State: Mexico's shifting discourse on agricultural germplasm. *Agriculture and Human Values*, 18, 285-294.
- Mercer, K.L. Perlaes H.R. and Wainwright J.D. (2011) Climate Change and the transgenic adaptation strategy: smallholder livelihoods, climate justice, and maize landraces in Mexico. *Global environmental change*, 22, 495-504.

- Morris, M. and Heisy, P.W. (1998) Achieving desirable levels of crop diversity in farmer fields: Factors affecting the production and use of commercial seeds. In: *Farmers, genebanks and crop breeding: Economic analyses of diversity in wheat, maize and rice*. Edited by Melinda Smale. Boston: Kluwer Academic Publishers.
- Moss, L. D. (2009) *Transgenic seed platforms: Competition between a Rock and Hard Place?*. United States The American Antitrust Institute,.
- Nadal, A. (2000) Mexican Corn: Genetic Variability and Trade Liberalization. Programa Sobre Ciencia, Tecnología y Desarrollo, Documento de Trabajo No. 1-06, Colegio de México.
- NASS (2010) *Adoption of genetically engineered crops in the U.S.; Corn varieties*. National Agricultural Statistical Service, USDA.
- OECD (2005) *The Bioeconomy to 2030: Designing A Policy Agenda*. Scoping Paper, 2 November, 2005.
- Onstad, D.W.; Gould, F. (1998). Modeling the Dynamics of Adaptation to Transgenic Maize by European Corn Borer (Lepidoptera: Pyralidae). *J. of Economic Entomology, Volume 91, Number 3*, 585-593.
- Payne, J., Fernández-Cornejo J. and Daberkow, S. (2003) Factors affecting the likelihood of corn rootworm Bt seed adoption. *AgBioforum*, 6 (1&2), 79-86.
- Perales, H., Brush, S.B. and Qualset, C.O. (1998) Agronomic and Economic competitiveness of maize landraces and in situ conservation in Mexico. In: *Farmers, genebanks and crop breeding: Economic analyses of diversity in wheat, maize and rice*. Edited by Melinda Smale, Kluwer Academic Publishers, Boston.
- Polanco, Jaime A. (1990) The Technology Innovation Process in Mexican Agriculture. Ithaca, New York: Cornell University Dissertation.
- Polanco Jaime, J.A., Flores Méndez, T. (2008) *Bases para una política de I&D e innovación de la cadena de valor del maíz*. México: Foro Consultivo Científico Tecnológico.
- Polanco Jaime, A. y Puente González, A. (2012) *Investigación y transferencia tecnológica determinantes críticos de la productividad y competitividad del maíz*. México: Centro de Estudios para el Desarrollo Rural Sustentable y la Soberanía Alimentaria, Cámara de Diputados, En prensa.
- Puente González, A. (2007) *Indicadores Económicos de Seguridad y Soberanía Alimentaria, Actividad Productiva y Paridad Urbana-Rural*. México: Centro de Estudios para el Desarrollo Rural Sustentable y la Soberanía Alimentaria, Cámara de Diputados.

- Puente González, A. (2010) *Análisis Comparativo de Productividad y Rentabilidad de la Producción de Maíz en México y en los Estados Unidos*. Documento preparado para el Consejo Nacional de Productores, Agosto.
- Puente González, A. (2010) *Estudio Comparativo de la Producción de Maíz en México y en Estados Unidos*. Documento preparado para el Consejo Nacional de Productores, Agosto 2010.
- Reta Sánchez D.G., Gaytán Moscorro, A. y Carrillo Amaya J.S. (2003) Rendimiento y componentes de rendimiento de maíz en respuesta a arreglos topológicos. México. *Revista de Fitotecnia, Vol. 26 (2)*, 75-80.
- Rosendal G. Kristin (2005) Governing GMOs in the EU: A Deviant Case of Environmental Policy-making? *Global Environmental Politics, Vol. 5, No. 1*, 82-104.
- Serratos, J. A., A. López H., y G. Carrillo C. (eds). (2000) *Taller de maíz transgénico. Memoria NAPPO, DGSV, CNBA*. Cd. de México, 13-16 de octubre de 1997. 120 p.
- Serratos, A., Wilcox, M. y Castillo, F. (1996) *Flujo genético entre maíz criollo, maíz mejorado y teocintle: implicaciones para el maíz transgénico. Memoria del foro : flujo genético entre maíz criollo, maíz mejorado y teocintle : implicaciones para el maíz transgénicos*. Serratos, J.A.; Willcox, M.C.; Castillo, F. (Eds.). 21-25 Sep 1995, INIFAP, CIMMYT, CNBA. 1996. 138
- Schimmelpfennig, D.E., Pray, C.E. and Brennan, M.F. (2004). The impact of seed industry concentration on innovation: a study of biotech market leaders. *Agricultural Economics*, 30, 157-167.
- Schubert D. (2002) A different perspective on GM food. *Nature Biotechnology*, October 20, Vol. 20. 969.
- Skogstad G. (2003) Legitimacy and/or policy effectiveness?: network governance and GMO regulation in the European Union. *Journal of European Public Policy, Volume 10, Number 3, June*, 321-338(18).
- Smale, M., Bellon, M.R. and Pingali, P.L. (1998) Farmers, genebanks and crop breeding: Introduction and overview. pp.3-17. In: *Farmers, genebanks and crop breeding: Economic Analyses of diversity in wheat, maize and rice*. Edited by Melinda Smale, Kluwer Academic Publishers, Boston.
- Schmid, A. A. (1987) *Property, Power and Public Choice*. Praeger, New York. Citado por Morris, M. and Heisy, P.W. (1998)
- Smale, M., Zambrano, P., Falck-Zepeda, J. and Gruère, G. (2006) *Parables: Applied economics literature about the impact of genetically engineered crop*

- varieties in developing economies. EPT. Discussion Paper 158, International Food Research Policy Institute.*
- Storer, N.P. Peck, S.L. Gould, F. Van Duyn, J.W. and Kennedy, G.G. (2003) Corn and Cotton in a Mixed Agroecosystem: a Biology-rich Stochastic Simulation Model. *Journal of Economic Entomology* 96(1):156-172.
- Tatum, L. A. (1971) The Southern Corn Leaf Blight Epidemic. *Science*, Vol. 171. no. 3976, pp. 1113-1116.
- Turrent A. y Espinosa, A. (2013) *Comunicación personal.*
- Union of concerned scientists (2012) *High and dry: why genetic engineering is not solving agriculture 's drought problem in the third world.* Executive summary, 2012.
- Valetta, M. (2009) *Evaluation of the EU legislative framework on GM food and feed. Health and consumer Directorate General. European Comission.*
- Visser B. (1998) Effects of Biotechnology on Agro-biodiversity. *Biotechnology and Development Monitor, No. 35, 2-7.* www.biotecg-monitor.nl/3502.htm Consultada el 6 de marzo 2010.
- Watanabe K. N., Sassa, Y., Suda, E., Chen C., Inaba, M. and Kikuchi, A. (2005) Global, Political, Economic, Social and Technological Issues on Transgenic Crops. *Plant Biotechnology*, 22, 515-522.
- www.extension.iastate.edu/agdm Sitio Consultado el 22, de febrero del 2010
- www.imagenagropecuaria.com/articulos.php?id_art=406&id_sec=25 Liga Consultada el 1 de Marzo del 2010.
- www.nature.com/nbt/index.html Consultada el 1 de Marzo del 2010.