

Foro:

Genética nueva, alimentos y agricultura: descubrimientos científicos-dilemas sociales. Guatemala, 30 de noviembre del 2005

M.Sc. Carlos Rolz Asturias,
Dr. Ricardo Bressani,
Dra. Pamela Pennington,
Científicos,
Universidad del Valle
de Guatemala

El evento científico se llevó a cabo con el objetivo de informar del avance que se ha logrado en la aplicación de la biología molecular al desarrollo de las plantas transgénicas y discutir, además, sobre su relevancia en el país. Las exposiciones enfocaron los cuatro temas siguientes: a) las plantas transgénicas comerciales, b) las implicaciones sobre la inocuidad alimenticia, c) los posibles efectos ambientales, y d) las regulaciones y los controles en el comercio. También se hizo una presentación especial detallada que resumió el trabajo de investigación realizado en la Universidad del Valle de Guatemala (en el Laboratorio de Protección Vegetal del Centro de Estudios Agrícolas y Forestales, del Instituto de Investigaciones) sobre la transformación genética de papaya para lograr resistencia a virus, la cual será publicada por aparte.

• Plantas en producción comercial

La primera generación de plantas transgénicas que actualmente se

encuentra en producción comercial, incluyó a plantas que fueron genéticamente manipuladas para manifestar una resistencia a los insectos y/o una tolerancia a los herbicidas. Éstas fueron: la soya, el maíz, el algodón y la canola. De las dos primeras (la soya y el maíz) se obtienen directamente productos alimenticios para los humanos, pero a su vez, también son empleadas en la alimentación de animales domésticos, destinados por su parte, a ser consumidos también por los humanos. El algodón y la canola son fuente de aceite vegetal para consumo humano. En el 2004, se sembraron a escala mundial, alrededor de 80 millones de hectáreas en 15 países, de los cuales, ocho, estaban en el continente americano. En los últimos diez años la superficie sembrada ha crecido alrededor de un 20 % anual, y un escenario futuro propuesto por las compañías productoras de estas plantas, estima que para el año 2010, estarán sembradas 150 millones de hectáreas¹. En menor escala, existen también plantaciones comerciales de papaya y calabazas transgénicas

¹Clive, J. International Service for the Acquisition of Agri-Biotech Applications ISAAA, www.isaaa.org.

resistentes a virus². Por otro lado, hay que indicar que algunas plantas transgénicas, destinadas a ser un éxito por las compañías que las desarrollaron, fueron un total fracaso comercial, debido, principalmente, por un rechazo del público consumidor³. Entre ellas estuvieron, la papa resistente a insectos, el maíz dulce resistente a insectos y tolerante a herbicidas, la remolacha tolerante a herbicidas, la canola con modificaciones en su contenido de aceites, y finalmente, los tomates con modificaciones en su composición química y/o su maduración alterada.

cromosómico de las plantas. Sin embargo, para asegurarse que el gen se exprese, ha sido necesario introducir secuencias de ADN que se denominan promotoras; y para poder seleccionar en el laboratorio a las células de las plantas transformadas del resto, ha sido necesario también, introducir secuencias de ADN relativamente fáciles de identificar, las cuales se llaman marcadoras⁴. Mucha de la oposición hacia las plantas transgénicas ha sido causada por la presencia en dicha planta de estas secuencias de ADN que nada tienen que ver con el objetivo original de la propia transformación genética.

- Proceso de transformación genética

Las plantas se han transformado empleando técnicas de biología molecular y aprovechando un proceso que naturalmente ocurre en la naturaleza. La bacteria del suelo *Agrobacterium tumefaciens* que generalmente se encuentra dentro del área de influencia del sistema de raíces, tiene la habilidad única de transferir porciones de su ADN a los cromosomas de las plantas. La porción transferible se encuentra en un mega-plásmido bacteriano denominado Ti. La biología molecular ha permitido aislar secuencias del ADN de diferentes fuentes que posean una función determinada. Estas secuencias pueden introducirse en el mega-plásmido Ti de la bacteria y por lo tanto es probable que lleguen a incorporarse al ADN

- Comercialización

Para llevar una planta transgénica del laboratorio al campo, ha requerido grandes inversiones y el cumplimiento de una serie de regulaciones. Para ejemplificar, aunque en forma breve, lo anterior se escogió el maíz transgénico por la importancia del cultivo a nivel internacional, como también, por estar el país en el posible lugar de origen del mismo. Relativamente, pocas variedades de maíz pueden transformarse eficientemente, y aquellas que sí lo permiten, generalmente no son comercialmente competitivas. Por lo tanto, un maíz transgénico obtenido en el laboratorio, debe incorporarse por cruzamiento con germoplasma de élite comercial, empleando ciclos repetitivos de selección. El proceso puede tomar

² Fermin, G. et al. *Engineered resistance against papaya ringspot virus in Venezuelan transgenic papayas* *Plant Dis.* 88: 516-522, 2004; Fuchs, M. et al. *Comparative virus resistance and fruit yield of transgenic squash with single and multiple coat protein genes* *Plant Dis.* 82: 1350-1356, 1998.

³ Frewer, L. *Societal aspects of genetically modified foods* *Food Chem. Toxicol.* 42: 1181-1193, 2004.

⁴ Gelvin, S. B. *Gene exchange by design* *Nature* 433: 585-584, 2005 .

siete generaciones sucesivas, facilitándose la selección por la presencia del gen marcador en el evento transgénico⁵. En la actualidad existen 6 eventos de maíz transgénico registrados con la característica de producir resistencia a insectos, cinco de tolerancia a herbicidas y tres con ambas características⁶. El número de híbridos desarrollados es, sin embargo, impresionante. En la lista a continuación, se identifica al híbrido por siglas que la compañía ha designado, el número entre paréntesis indica los híbridos desarrollados con ese evento particular⁷.

- Bt11 (60)
- Bt176 (3)
- TC1507 (34)
- Mon810 (936)
- Mon863 (260)
- MonGA21 (387)
- Nk603 (383)
- T25 (83)
- Mon810 + Ga21 (202)
- Mon810 + Nk603 (203)
- Mon810 + T25 (4)
- Mon863 + Ga21 (21)
- Mon863 + Nk603 (43)

Se estudian las propiedades del híbrido en base al evento de transformación y se procede a su registro y a su eventual aprobación. Un evento conteniendo un transgen en particular podrá aprobarse, pero otro evento del mismo transgen podrá rechazarse. Por lo tanto, el riesgo asociado al desarrollo científico es alto y la relación costo-beneficio para las compañías es incierta.

• Consideraciones generales sobre la inocuidad

El ser humano ha ingerido ADN desde siempre. El ADN es estructural y químicamente similar entre las especies, por lo que no existen riesgos inherentes por el empleo del ADN recombinante como parte de la dieta humana, hecho que ha sido enfatizado desde 1986 por varios paneles de expertos. Por lo tanto, establecer la inocuidad alimenticia de plantas transgénicas resulta equivalente a establecer el riesgo de cualquier cambio funcional o químico causado por la modificación genética en el alimento (función del gen). La evaluación de riesgos para los alimentos establecida por la FAO/WHO desde 1995, consiste en estimar la probabilidad de efectos adversos sobre la salud humana causada por peligros identificables. Para el caso de las plantas transgénicas los expertos han recomendado emplear el concepto de *equivalencia sustancial* para la identificación de riesgos a la salud humana, el cual consiste en estudiar las características bioquímicas de la planta transgénica y compararlas con las de la planta natural⁸, aunque esta última haya sido mejorada genéticamente por procedimientos clásicos. En la gráfica mostrada a continuación, y a manera de ejemplo, se muestra datos de la cantidad de proteína en la soya, normal y genéticamente modificada (GTS), cosechada de plantaciones comerciales en tres años consecutivos⁹. Puede apreciarse, sin dificultad, que no existen

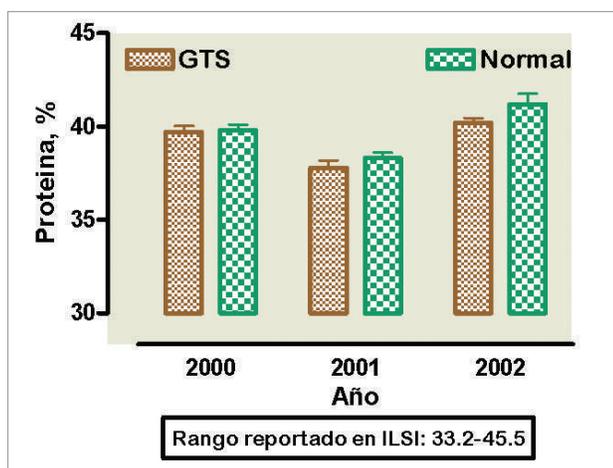
⁵Un evento transgénico se refiere a la descripción del ADN de la especie donante y el lugar de inserción de este en el ADN de la planta receptora.

⁶Scott, M.P. & Pollak, L.M. *Transgenic maize Starch* 57: 187-195, 2005.

⁷En la siguiente dirección pueden consultarse las características de los eventos, <http://www2.oecd.org/biotech>.

⁸König, A. et al. *Assessment of safety of foods derived from GM crops* *Fd.Chem.Toxicol* 42: 1047-1088, 2004.

⁹McCann, M.C. et al. *Glyphosate-tolerant soybeans remain compositionally equivalent to conventional soybeans during three years of field testing* *J.Agr.Fd.Chem.* 53: 5331-5335, 2005.



diferencias en este parámetro. Sin embargo, el proceso de registro y aprobación es largo y complejo como puede consultarse en documentos publicados por la Unión Europea¹⁰.

- Ensayos biológicos para establecer inocuidad

Como ya fue mencionado anteriormente, el concepto de *equivalencia sustancial*, se ha recomendando como un primero paso en establecer la inocuidad de granos y productos transgénicos. El concepto expresa que, si el producto transgénico tiene una composición

química y características biológicas similares a las del producto que le dio origen, aquél tiene y/o presenta los mismos riesgos que éste. La validez del concepto se refuerza si además de la composición química, el producto transgénico se somete a evaluaciones biológicas usando para tales propósitos, el mayor número de especies posibles.

La siguiente Tabla resume el número de estudios biológicos llevados a cabo con diversas especies animales hasta el 2004 usando maíces transgénicos desarrollados con protección a insectos y con tolerancia a herbicidas.

Característica transgénica con maíz	Animal	No. de Estudios
Protección contra insectos	Aves	7
	Cerdos	6
	Ganado	10
	Vacas	5
	Ovejas	5
Tolerancia a herbicidas	Aves	6
	Cerdos	2
	Ganado	1
	Vacas	1
	Ratas	1

Especies y número de estudios biológicos alimentados con granos transgénicos^a

^aEstudios entre 1998 – 2004, *Federation Animal Science Societies Communications. References – Feeding Transgenic Crops to Livestock* (2005).

¹⁰<http://www.entransfood.com>

En estos estudios se variaron los niveles en las dietas experimentales del maíz bajo estudio a manera de exponer al animal a mayores ingestiones del mismo. Además, de los datos convencionales de apariencia del animal, de cambios en peso, y consumo de alimento; los estudios biológicos en muchos casos incluyeron estudios de patología y bioquímica clínica, de peso de órganos, de apariencia de tejidos, de rendimiento de carne, huevos o leche. En todos los estudios informados por diferentes autores se ha llegado a la conclusión de que, además de la gran similitud en composición química, los materiales transgénicos inducen un desarrollo animal igual al obtenido con materiales no transgénicos, sin alteraciones biológicas y de patología¹¹.

La evaluación biológica tomará más importancia en el futuro en vista de que los nuevos productos transgénicos en desarrollo llevarán otras características tan deseables como el rendimiento, un mejor valor nutritivo, y, como vehículos de nutrientes específicos o portadores de factores funcionales en salud. Además, los alimentos son consumidos después de haber sido sometidos a un proceso térmico o de otra naturaleza, cuyos efectos tendrán que ser sometidos a evaluación.

• Posibles efectos sobre el ambiente

Las plantas transgénicas con resistencia a insectos *han reducido*, en nueve años, el consumo de insecticidas, en aproximadamente 15.6 millones de libras, lo que representa aproximadamente un 5% del total de insecticidas usado en el cultivo del maíz y algodón en EEUU. Por otro lado, las plantas transgénicas con tolerancia a herbicidas *han aumentado* en el mismo periodo de tiempo, el consumo de herbicidas en 138 millones de libras, lo que representa un 5% del uso de herbicidas en soya, maíz y algodón en EEUU¹². La disminución en la aplicación de insecticidas es un resultado positivo para el medio ambiente y la salud humana, ya que estos compuestos son tóxicos y persistentes, encontrándose con frecuencia en aguas y alimentos, como la molécula intacta, o como compuestos resultantes de su transformación en la naturaleza. El incremento en el uso de herbicidas necesita de una explicación. En las plantas tolerantes a herbicidas se emplea el glifosato o el glufosinato que se aplica cuando aparecen las malezas. En contraste con las plantas comunes, en donde se aplican, previo a que las malezas aparezcan, herbicidas como la atrazina o el alaclor. Estos últimos, son

¹¹Brake J. & Vlachos, D. *Evaluation of transgenic event 176 Bt corn in broiler chickens* *Poultry Sci.* 77:648-653, 1998.

Sidhu, R.S. et al. *Glyphosate-Tolerant Corn: The composition and feeding value of grain from Glyphosate-Tolerant Corn is equivalent to that of conventional corn (Zea Mays L.)* *J. Agr. Food Chem.* 48:2305-2312, 2000.

Ridly, W.P. et al. *Comparison of the nutritional profile of Glyphosate-Tolerant Corn event NK603 with that of conventional corn (Zea Mays)* *J. Agr. Food Chem.* 50:7235-7248, 2002.

George, C. et al. *Composition of grain. Forage from corn Rootworm-Protected Corn Event MON863 is equivalent to that of conventional corn (Zea Mays)* *J. Agr. Food Chem.* 52:4149-4158, 2004.

Hammond, R. et al. *Results of a 13 week safety assurance study with rats fed grain from glyphosate tolerant corn* *Food Chem. Toxicol.* 42:1003-1014, 2004.

¹²Benbrook, C.M. *Genetically Engineered Crops and Pesticide Use in the United States: The First Nine Years* BioTech InfoNet Technical Paper Number 7 October 2004 http://www.biotech-info.net/highlights.html#technical_papers.

significativamente más persistentes en el ambiente, que los primeros. O sea que siempre puede visualizarse un beneficio ambiental. Expertos han identificado los siguientes posibles efectos sobre el medio ambiente asociados al ADN recombinante: a) la transferencia de ADN (entre plantas) y la formación de híbridos que pueden inducir malezas, y alterar centros de biodiversidad, b) la transferencia horizontal de ADN (de planta a microorganismos y entre microorganismos), c) la recombinación en virus, d) aquellos efectos colaterales sobre los herbívoros y polinizadores que no se desean eliminar, e) los efectos colaterales sobre las comunidades de microorganismos del suelo, y f) el desarrollo generalizado de resistencia en insectos a las toxinas del Bt.

Transferencia de ADN (entre plantas): en varias publicaciones se informó que los transgenes de resistencia a insectos y tolerancia a herbicidas se habían introducido en algunas variedades tradicionales de maíz en México¹³. Ello fue confirmado mediante investigaciones científicas auspiciadas por el gobierno mexicano, sin embargo, a la fecha, no se han publicado resúmenes de este trabajo, que hayan sido revisados por especialistas y la información difundida hasta ahora ha sido vaga. Con anterioridad y como consecuencia, se formó un grupo multidisciplinario para dilucidar la controversia y el mismo informó los resultados de sus

investigaciones, concluyendo que no existía contaminación de ADN en variedades criollas¹⁴. Se obtuvo semillas de 870 plantas provenientes de 125 diferentes plantaciones de 18 localidades del Estado de Oaxaca. Se analizaron 153,746 semillas de esa muestra, con el objeto de detectar el elemento transgénico promotor 35S del virus del mosaico de la coliflor y el gen de la sintasa de la nopalina de *A. tumefaciens*, ambos elementos presentes en todos los híbridos transgénicos del maíz. Es de importancia notar que no existe un patrón genético caracterizado del ADN del maíz criollo mexicano (o del guatemalteco) como para defender científicamente su pureza. Con seguridad, ha existido ya, una transferencia de genes de maíces, que han sido mejorados por genética convencional, hacia los criollos. ¿Cuántos de estos genes todavía permanecen y cuántos han desaparecido? es una pregunta sin respuesta, como ha sido argumentado recientemente¹⁵.

Transferencia horizontal de ADN: Sin duda, es el problema que en teoría es el más controversial. ¿Por qué? Primero, debido al mecanismo natural de transferencia horizontal de material genético que existe entre las bacterias¹⁶. Segundo, debido a la presencia en las plantas transgénicas de genes *promotores* y *marcadores*, muchos de los últimos genes de resistencia a antibióticos. ¿Cómo pueden llegar los genes *marcadores* en las plantas a las bacterias? Por diversas rutas: a)

¹³Quist, D. & Chapela, I.H. *Transgenic DNA introgressed into traditional maize landraces in Oaxaca, Mexico* *Nature* 414 (6863): 541-3, 2001.

¹⁴Ortiz-García, S. *Absence of detectable transgenes in local landraces of maize in Oaxaca, Mexico (2003-2004)* *Proc. Natl. Acad. Sci. USA* 102 (35) 12338-43, 2005.

¹⁵Raven, P.H. *Transgenes in Mexican maize: desirability or inevitability?* *Nature* 102 (37) 13003-4, 2005.

¹⁶Frost, L.S. et al. *Mobile genetic elements: the agents of open source evolution* *Nature Reviews Microbiology* 3: 722-733, 2005.

los residuos de cosecha de las plantas entran en contacto con bacterias del suelo, b) los concentrados alimenticios preparados con soya y maíz entran en contacto con las bacterias del sistema digestivo de monogástricos y ruminantes, y c) los excrementos de animales monogástricos y ruminantes contaminan el suelo y las fuentes de agua. En el laboratorio se ha confirmado experimentalmente algunas de estas transferencias¹⁷, pero en la práctica los resultados han sido negativos^{18,19}. Se cree que existen serias limitaciones analíticas que impiden tener una visión más clara al respecto²⁰. Otras personas han indicado que la tendencia de las compañías biotecnológicas es la de eliminar del proceso de transformación, todos aquellos elementos genéticos asociados a la resistencia de antibióticos, y que por lo tanto el problema, si es que existe, desaparecerá.

Los restantes aspectos ambientales no fueron tratados por falta de tiempo, pero para algunos de ellos se ofrecieron publicaciones pertinentes, por ejemplo, los efectos sobre los insectos predadores, los parasitoides y los microorganismos del suelo²¹, y sobre la estrategia para prevenir el problema de la posible resistencia adquirida por los insectos a las proteínas del Bt²².

• Aspectos relacionados con las regulaciones y el comercio

La Unión Europea aprobó en 2003 una regulación que requiere la trazabilidad y etiquetado de todo producto alimenticio para consumo humano y animal que contenga productos genéticamente modificados (GM). La regulación incluye productos procesados como los aceites, en los cuales no se puede detectar ni el ADN ni la proteína recombinante. El objetivo de esta regulación, es proporcionar al consumidor, la información necesaria para tomar la decisión final en el consumo de estos productos y crear un ambiente de transparencia, que devuelva la confianza al público, en relación a la seguridad alimenticia. Los requisitos para implementar esta regulación incluyen un sistema internacional para la documentación de la distribución de la materia prima (trazabilidad) así como los instrumentos necesarios para la validación cuantitativa y cualitativa del producto, dentro del límite de contaminación permitido. La regulación europea permite una contaminación del 0.5-0.9% para el producto no etiquetado como genéticamente modificado. Este límite de detección tiene implicaciones técnicas significativas en los métodos de toma de

¹⁷Gebhard, F. & Smalla, K. *Transformation of Acinetobacter sp. Strain BD413 by transgenic sugar beet DNA*. *Appl. Environ. Microbiol.* 64 (4) 1550-1554, 1998.

¹⁸Badosa, E. et al. *Lack of detection of ampicillin resistance gene transfer from BT176 transgenic corn to culturable bacteria under field conditions* *FEMS Microbiol. Ecol.* 48: 169-178, 2004

¹⁹Deni, J. et al. *Unsuccessful search for DNA transfer from transgenic plants to bacteria in the intestine of the tobacco horn worm, Manduca sexta* *Transgenic Research* 14: 207-215, 2005. Se cree que existen serias limitaciones analíticas que impiden tener una visión más clara al respecto

²⁰Heinemann, J.A. & Traavik, J. *Problems in monitoring horizontal gene transfer in field trials of transgenic plants* *Nature Biotechnol.* 22 (9) 1105-1109, 2004,21

²¹Clark, B.W. et al. *Environmental fate and effects of Bt proteins from transgenic crops: a review* *J. Agric. Food Chem.* 53: 4643-4653, 2005

²²Cerdá, H. & Polleti, M.G. *Genetic engineering with Bt and convencional approaches for insect resistance in crops* *Crit. Reviews in Plant Science* 23 (4): 317-323, 2004.

muestra y de cuantificación. Debido a la gran variedad de productos (procesados y no procesados) y a la varianza en la distribución del producto GM dentro del producto no GM, la toma de muestra representa la fuente más significativa del error en la cuantificación. Por ello, será necesario establecer métodos estandarizados para la toma de muestra para cada situación, incluyendo la determinación del margen de error esperado según el producto y el método de detección específicos (ej. grano vs. harina). La cuantificación requiere de la validación de las pruebas en diferentes laboratorios y de la disponibilidad de información sobre todo producto GM comercializado. Una de las grandes limitaciones es la gran cantidad de posibles eventos a tamizar. Existen hasta la fecha más de 100 productos en el mercado y muchos más en desarrollo. Esto implica que las compañías que comercializan estos productos deberán aportar las secuencias de ADN y muestras de referencia para cada evento para poder implementar pruebas de detección específicas. Se han desarrollado pruebas rápidas o de ELISA para detectar las proteínas recombinantes, pero la cuantificación se hace difícil debido a la variabilidad de expresión de los genes en diferentes tejidos de la planta. Por ello, se ha optado por utilizar técnicas como el PCR en tiempo real para la cuantificación del evento a nivel génico. Nuevas técnicas utilizando micro-arreglos se están desarrollando para poder detectar la mayoría de eventos en una sola prueba. Las principales limitaciones técnicas para la cuantificación del ADN incluyen la variabilidad en el contenido total de ADN según la variedad, la existencia de variedades que contienen dos eventos en el mismo organismo, la

formación de híbridos con diferente número de cromosomas y los límites físicos en los volúmenes de material que se pueden analizar, los cuales dependen de los métodos de extracción del ADN. Las limitaciones técnicas en la detección y cuantificación de productos GM son importantes factores a considerar en la implementación de una regulación a nivel de país, ya que agregan un costo adicional a la comercialización de los productos. Uno de los factores más importantes a considerar es el límite de contaminación permitido: entre más bajo sea este, más difícil será el proceso de cuantificar debido a los límites de detección inherentes a las técnicas disponibles. El costo-beneficio de este límite debe ser estudiado antes de ser establecido por un país. La implementación de un proceso de trazabilidad utilizará los métodos de detección para su validación. Por ello, ambos deben armonizarse a nivel internacional para funcionar de forma complementaria. A pesar de que estos métodos aún no están estandarizados internacionalmente, existen ya algunas iniciativas para su implementación. Se espera que en el futuro, estas metodologías agilicen el comercio e incrementen la transparencia de los productos GM, ante el público.

- Conclusiones y recomendaciones elaboradas por los participantes

Conclusiones

- Las principales plantas comestibles transgénicas comerciales son la soya, el maíz y la canola. Las dos primeras poseen la información genética adquirida de mostrar resistencia a insectos y/o tolerancia a herbicidas. El cultivo de las mismas ha mantenido un crecimiento sostenido durante la última década.
- Existen varios eventos transgénicos definidos y diferentes para estas dos propiedades genéticas en las dos plantas mencionadas anteriormente, que han originado una multitud de híbridos comerciales, cuyas semillas son propiedad de empresas transnacionales.
- La evidencia experimental publicada en una cantidad de artículos recientes, cuyo número se incrementa geoméricamente con los años, muestra que no existe riesgo alguno en el consumo de estas plantas, tanto por animales domésticos como por animales de experimentación.
- El riesgo asociado con este consumo se ha determinado siguiendo el principio de *equivalencia sustancial*, avalado por organizaciones internacionales como la FAO y OMS, como también por entidades de regulación, la OECD, el FDA, entre otras. El principio consiste en comparar, química, biológica y nutricionalmente, la planta transgénica con la planta que le dio origen, en su estado fitomejorado y tal como se usa en la práctica.
- Los posibles riesgos ambientales, de los cuales, dos son de relevancia, la transferencia de genes entre especies (plantas a microorganismos) y la transferencia horizontal de genes (entre microorganismos), aunque han sido motivo de preocupación de algunos, principalmente por la presencia de genes marcadores de resistencia a antibióticos, y porque en algunos ensayos de laboratorio se ha mostrado el mecanismo de transferencia, recientemente se ha minimizado su importancia. Esto se debe a la publicación en los últimos años de experimentos a nivel de campo, en donde las probabilidades de transferencia han sido mínimas, por un lado, y por el otro, la reciente publicación de que el comercio de productos transgénicos de maíz a México no ha causado la transferencia de información genética extraña a las razas criollas de maíz sembradas por los agricultores. Esto ha implicado que el riesgo a la biodiversidad, si es que existe, es mínimo aunque posible, siempre y cuando se tengan los cuidados requeridos.
- Existe suficiente experiencia publicada de los problemas relacionados con el posible control comercial, monitoreo y trazabilidad de plantas transgénicas.
- La misma claramente indica que se necesita de una infraestructura, tanto científica como física, que el país no posee actualmente en su totalidad. Por lo tanto aprobar una ley que regule el comercio, sin tener una unidad reguladora capaz, que en forma veraz y confiable, certifique la presencia o ausencia de plantas transgénicas en lotes importados de granos íntegros, o en productos industriales de los mismos, resulta inexplicable desde cualquier punto de vista lógico e imparcial.
- Finalmente, como científicos, que valoran la ética de la experimentación, el valor indiscutible de la investigación en la docencia superior, resulta inconcebible que una ley en propuesta, teniendo como excusa la protección de la biodiversidad, infundada por la ausencia de datos científicos valederos, venga a intentar regular la creatividad científica, en violación total de uno de los principales derechos

humanos que es el derecho a cultivar el conocimiento y ha ser creativo de pensamiento, en forma libre y sin coacción de ninguna clase.

Recomendaciones

Una recomendación directa y concreta al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología de Guatemala (CONCYT) es la de integrar un grupo multidisciplinario que redacte un documento de postura oficial ante el tema de las plantas transgénicas, que dicho documento sea conocido por los órganos correspondientes del gobierno, y que sirva de base para tomar decisiones de política y comercio.



Investigadores:

Lic. Celia Cordon,
 Dr. Rubén Velásquez ,
 Dr. Luis Mejía,
 Dr. César Azurdía,
 Dra. María Eugenia Morales-Betoulle,
 Lic. Pablo Mayorga,
 M.Sc. Carlos E. Rolz,
 Lic. Sheryl Ann Schneider de Cabrera,
 Lic. Yolanda Nieto,
 Lic. María del Carmen Samayoa,
 Dra. Pamela Pennington,
 Lic. Renata de Cabrera,
 Lic. Karla Tay,
 Dra. Elfriede de Pöll,
 Lic. Manuel Rivas,
 Dr. Ricardo Bressani,
 Lic. Edwin Calgua.