

TRANSGÉNICOS Y EL DESARROLLO REGIONAL SOSTENIBLE

ALBERTO J. VALENCIA BOTÍN¹,
DOMINGO RUVALCABA RUÍZ²,
LUCIO GUZMÁN MARES³

TRANSGENIC CROP PLANTS AND SUSTAINABLE REGIONAL DEVELOPMENT

RECIBIDO: 25-05-09

ACEPTADO: 20-09-09

¹ Universidad de Guadalajara, Centro Universitario de la Ciénega, Departamento de Ciencias Básicas, Ocotlán, Jalisco, México, E-mail: alberto.valencia@cuci.udg.mx; luciog34@hotmail.com

² Universidad de Guadalajara, Centro Universitario de la Ciénega, Departamento de Ciencias Médicas, Ocotlán, Jalisco, México

³ Universidad de Guadalajara, Centro Universitario de la Ciénega, Ocotlán, Jalisco, México. E-mails: luciog34@hotmail.com; amoreno@cuci.udg.mx

RESUMEN

Los cultivos transgénicos son organismos que se usan en la agricultura. Han sido mejorados genéticamente para conferirles habilidades novedosas que no hubiesen podido adquirir, o difícilmente, en condiciones naturales, siendo el resultado de investigación científica, principalmente con la aplicación de herramientas de la ingeniería genética, de la biología molecular y de la agronomía. En 1983 se inició la generación de plantas transgénicas, a partir de ahí, han surgido varios modelos de modificación de organismos transgénicos. Los organismos modificados genéticamente datan de años previos. Continúa la percepción de que las plantas transgénicas puede afectar la biodiversidad natural o alterar sistemas biológicos que desecandenen en organismos super resistentes, pero esto no ha sido comprobado seriamente. Las razones por las que la sociedad participa en el debate de los cultivos transgénicos, son por: el carácter ambiental; salud humana; agrícolas; económicas; éticas y de soberanía alimentaria.

Palabras clave: organismos modificados genéticamente (GMO's), modificación genética, biodiversidad.

ABSTRACT

Transgenic (TG) crops are those plants with special characteristics used in agriculture. They have been genetically enhanced to confer innovative traits that could not or hardly be present in natural conditions. They are the result of scientific research, mainly by means of genetic engineering, molecular biology and agronomy. Although the emergence and use of Genetically Modified Organisms (GMO) started earlier, the year 1983 is considered to be the beginning of a generation of transgenic crops. There are several models of genetically modified organisms. A perception continues to exist in general public that the transgenic crop plants can affect or alter natural biodiversity systems, resulting in super-resistant organisms. This has not been, however, proven with scientific rigor. The reasons why the society actively participates in debates on GMO are: a) environmental, b) human health, c) agriculture, d) economic, e) ethical, and f) food autonomy.

Key words: GMO's, genetic modification, biodiversity.

1. INTRODUCCIÓN

La humanidad presenta cambios de necesidades en su alimentación. Los alimentos que se demandan actualmente son de tipo individualizados funcionales como: los nutraceuticos, direccionados al consumidor que más lo valora; étnicos, como la comida china, italiana u otra; y alimentos diferenciados por ejemplo, el yogurt con fibra. En muchos aspectos de la obtención de éstos tipos de alimentos está presente la manipulación genética, y por ende, la formación de transgénicos. Es inevitable hablar de uso de tecnología biotecnológica y de sostenibilidad. Actualmente se pueden obtener seres vivos con características que más convienen, como tejidos y órganos transgénicos que produzcan otros animales, para nuestro uso y consumo, sin embargo aún no se determina a ciencia cierta el costo a la ecología o a la biodiversidad. La ciencia de la vida y la biotecnología son los ejes de la civilización nueva (Brambila, 2006).

De ahí que, el presente trabajo haga una exposición, a modo de reflexión técnica, de los alcances, impactos y trascendencia de los transgénicos en procura de palear los desequilibrios alimenticios que se vienen dando en el mundo, especialmente en los países en vías de desarrollo industrial y el desarrollo sostenible.

CUADRO 1. Los eventos transgénicos y los cuatro cultivos agrícolas disponibles comercialmente (millones de hectáreas).
Fuente: Villalobos, 2008; James, 2006.

Cultivo/evento	2005	2006	%
Soya tolerante a herbicida	54.4	58.6	57
Maíz Bt	11.3	11.1	11
Maíz Bt/tolerante a herbicida	6.5	9.0	9
Algodón Bt	4.9	8.0	8
Maíz tolerante a herbicida	3.4	5.0	5
Colza tolerante a herbicida	4.6	4.8	5
Algodón Bt/tolerante a herbicida	3.6	4.1	4
Algodón tolerante a herbicida	1.3	1.4	1
Total	90	102	100%

2. IMPORTANCIA DE LOS TRANSGÉNICOS PARA LA PRODUCCIÓN DE ALIMENTOS.

Se ha estimado que en los próximos 50 años los productores agrícolas, pecuarios y pesqueros del mundo, tendrán que incrementar la oferta alimentaria mundial en 75%, y lograr este imperante reto con base en recursos actuales que se reducen cada vez más, es un gran problema por resolver.

Es una sorpresa para la población en general, el enterarse que la polémica suscitada a nivel nacional e internacional en torno a los transgénicos, es el resultado de la comercialización de cuatro cultivos (soya, maíz, algodón y colza), cuya relación y superficie cultivada a nivel mundial se presenta en el CUADRO 1.

Fenotípicamente no es posible diferenciar entre una especie transgénica y una convencional (FIGURA 1). Las implicaciones sociales, sanitarias, políticas y morales en México son motivo de continua discusión en diversos foros. De acuerdo a la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA) en septiembre 2009 se recibieron 31 solicitudes para obtener el permiso de siembra experimental de maíz genéticamente modificado en los estados de Sonora, Chihuahua, Sinaloa, Jalisco y Tamaulipas.

Los organismos vivos (humanos, plantas, animales, hongos, microorganismos) se constituyen por una madeja kilométrica de una macromolécula universal, el Ácido Desoxirribonucleico o DNA. El DNA de los seres vivos se compone básicamente por cuatro bases nitrogenadas o "ladrillos" hasta ahora conocidos, que son Adenina (A), Timina (T), Guanina (G) y Citosina (C), los cuales conforman el edificio o nuestro cuerpo humano o porqué no, la mazorca del maíz.

Es precisamente el orden o acomodo de esas bases (A, T, G y C) las que permiten obtener las diferencias que se ven o palpan (colores de piel, altura, ojos de diverso color, más o menos



FIGURA 1. Vista de la cosecha de algodón Bollgard, combinado con Roundup Ready (RR), resistente al ataque de insectos y tolerante al herbicida a base de glifosato. Foto: Alberto Valencia B.

número de extremidades, hojas mas o menos anchas, colores de grano de maíz). Al hablar de DNA y de la cantidad de diferentes arreglos de las bases que lo conforman se puede decir que éste es quien confiere la información que se transmitirá para ser formadas las proteínas que cada organismo vivo requiere para vivir y realizar las funciones metabólicas propias de cada órgano.

No debería de hablarse de genes humanos o de herencia genética natural tan indistintamente (no existe lo contrario o antinatural), puesto que todos los seres vivos se componen de las mismas bases, que no son exclusivas del humano; además se debe recordar que el orden de éstas, son las que hacen la diferencia entre un humano y un gato, por ejemplo, o de un animal a una planta o un microorganismo. También debe evitarse la sorpresa al hablar de transgénicos o de un maíz transgénico, puesto que un transgénico es un ser vivo con las mismas bases que un maíz nativo (criollo), que se siembra en una región agrícola, solo que contiene un nuevo arreglo de sus bases.

Técnicamente un transgénico es un organismo o producto genéticamente modificado que contiene una característica adicional

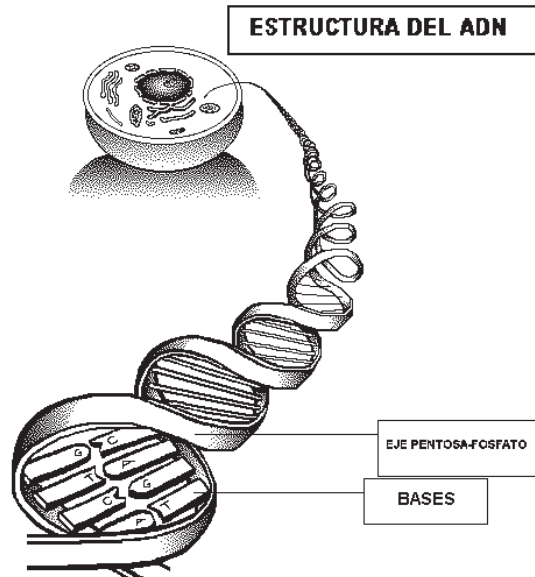


FIGURA 2. Estructura del Ácido Desoxirribonucleico o DNA. Fuente: Ahmed (2006).

codificada por uno o varios genes introducidos, el cual generalmente produce una proteína que confiere la característica de interés (Ahmed, 2006).

Por su parte, la ingeniería genética es una herramienta científica para la obtención de GMO's, los riesgos evolutivos de esta ciencia son iguales a cualquier riesgo que se dé en la evolución natural, pues hasta ahora nadie ha creado un gen nuevo. Aun más, la naturaleza

tiene diversas estrategias para lograr una mayor variabilidad genética como, por ejemplo, el caso de los virus, que pueden integrar fragmentos de su genoma al de las bacterias al momento de infectarlas, lo que sugiere que el intercambio de genomas es algo permitido por la naturaleza (Arber, 2008).

2.1 EL REVUELO DE LOS TRANSGÉNICOS

Al hablar de los transgénicos, habría que reflexionar y hacerse la siguiente pregunta: *¿Por qué causa tanto revuelo el hecho de tan sólo mencionar la palabra transgénico?*. A continuación se destacan algunas consideraciones respecto a los transgénicos, que pudieran ayudar a su relevancia, importancia o simplemente, rechazo por el conjunto de la sociedad mexicana o internacional:

- La producción de semillas de cultivos transgénicos puede residir en una sola empresa, lo que encarecería el costo del kilogramo de semilla. Este aspecto —que merece especial atención— ha sido manejado en cierta forma errónea, puesto que la organización de nuestros productores agropecuarios es en algunos casos, incipiente y en otros, no del todo eficaz; lo anterior es la causa de que sólo una empresa que emplea herramientas de la biotecnología genere semillas de cultivos transgénicos.
- La información popular sobre transgénicos —por ejemplo del maíz— está sesgada. Es notable que pocas personas consideran los beneficios tangibles de un maíz transgénico, es más fácil hacer denotar sus “potenciales daños”, lo cual no es nada comprobable, es decir, el potencial efecto adverso del maíz o algodón transgénico, denota en realidad poco conocimiento sobre el tema, miedo o sentimientos encontrados.
- Un rechazo hacia los transgénicos más evidente es la inserción de material genético de otras especies y aun más el de otros

géneros a vegetales, cereales y frutales con la idea de que el DNA ajeno pueda incorporarse al genoma de la especie animal incluyendo el ser humano, un ejemplo: las plantas tienen la capacidad de fotosintetizar, y desde nuestros ancestros los han consumido crudos, por que cocinados, se degradan dichas moléculas), *¿Por qué no hemos adquirido esa capacidad?*.

Un estudio realizado por Nielsen (2003), demuestra que una vez que el grano de polen se libera a la atmósfera, éstos pueden viajar a la velocidad de 24 kph (kilómetros por hora) en un par de minutos. Sin embargo, la mayoría del polen en maíz se deposita en cortas distancias en campo. Otros estudios científicos muestran que a una distancia de 61 metros de la fuente del polen, la concentración del mismo promedió sólo el 1%, es decir, sólo persistió el 1%; el 99% restante se depositó antes de los 61 m, al compararse con muestras de polen colectado aproximadamente 1 metro de la fuente de polen (Burriss, 2002).

El número de cruces con otras plantas se redujo al 50% en una distancia de 3.7 m de la fuente de polen; y a una distancia de 12 a 15 m, el número de intercruces se redujo en 99%. Aún más, diversas experimentaciones indican que la polinización cruzada entre campos de maíz podría limitarse a 1% o menos en la totalidad de la parcela contigua a otra separada a una distancia de 200 m, y limitarse a 0.5% o menos cuando la separación es de 300 m. Sin embargo, la polinización cruzada podría no limitarse menos de 0.1% incluso a una distancia de separación de 500 m.

Entonces, *¿Que tanto sabemos sobre el mejoramiento genético que realizan los científicos o los mismos agricultores?*. Debe aclararse que no se cuestiona la sabiduría ancestral de cómo nuestros antepasados realizaban la agricultura, sólo enfatizamos que hay que **saber y saber bien** que el híbrido, la línea pura, la variedad o más aun que

el maíz criollo mexicano, es producto de mezclas de las mismas bases del DNA, quizá con mayor azar que como se introducen en los transgénicos. La celeridad con la que se incorporan esos cambios (por medio de genes) en la evolución de una especie vegetal, es lo que hace la diferencia entre “nuestro maíz” y el maíz transgénico. Además, se pueden agregar las siguientes consideraciones técnicas:

- No existe una convención de los científicos o especialistas serios que crean que los transgénicos pueden acabar con el hambre en el mundo, no es posible. El abatimiento de la hambruna podría lograrse con alimentos integrales y políticas agrícolas adecuadas, y no sólo con la utilización de plantas transgénicas, ya que éstas estarán al alcance de igual manera que un híbrido “comprandolo”.
- El análisis exhaustivo de cada pro y contra de los transgénicos esta fuera del alcance del presente ensayo, puesto que ello es parte de los interesantes debates sobre transgénicos, tampoco se pretende profundizar en quién será o es culpable de la aprobación de siembras de cultivos transgénicos en México; pero se requiere destacar que hace **falta información real, verídica, de las bases de producción de nuestros cultivos**, de tal forma que se elimine el “mal sabor” al hablar de transgénicos. La sociedad de cualquier clase socio-económica, debe conocer lo básico de la producción sin infundirle temor. La etiqueta *transgénico* debe ser una palabra popular que represente para algunos desarrollo, pero para todos debe fructificar en conocimiento.

2.2 DESARROLLO DE CULTIVOS TRANSGÉNICOS, LA TRANSGENIA

El proceso por el cual se mueven genes entre especies no emparentadas o no relacionadas taxonómicamente, se conoce como *transgenia*. Ésta, es entonces, un principio de mejoramiento

genético que fundamenta su aplicación en nuevas recombinaciones genéticas, cuya expresión le confiere al individuo transformado, nuevas habilidades que no tenía de origen.

La *introgresión*, según Robles (1995), es la infiltración del germoplasma de una especie a otra, para este fin la floración de dos especies un tanto afines, deben coincidir parcial o totalmente y crecer una junto a la otra. De la nueva información genética en los transgénicos no es por la vía sexual, sino por el proceso de *transgenia*. Sin embargo, se cuida que la información sea introducida de manera eficiente, con integración estable, funcional y heredable (Villalobos, 2008).

El éxito para que el material genético introducido sea funcional en el genoma vegetal, se debe básicamente a tres factores: **a.** Aislar el gen de interés que dirige un evento o característica muy particular, por ejemplo, resistencia a insectos barrenadores o mayor vida de fruto en anaquel; **b.** Deben identificarse secuencias o regiones de genes acompañantes al gen en estudio conocidos como promotores; **c.** Se construyen e introducen esas regiones genéticas, se multiplican en vectores bacterianos y se prepara una secuencia lineal de DNA que se introducirá en las células de la planta a transformar.

2.3 DETECCIÓN DE TRANSGÉNICOS

Con fines informativos se presenta un resumen sobre técnicas más comunes que emplean para la detección de secuencias transgénicas, las cuales se exponen en los puntos 2.3.1; 2.3.2.

2.3.1 MÉTODOS BASADOS EN PROTEÍNAS

Se basan en tecnologías inmunológicas que utilizan anticuerpos. Son métodos para la detección cualitativa y cuantitativa de varios tipos de proteínas en matrices complejas cuya proteína (analito) esta marcada y se conoce previamente (Brett *et al.*, 1999). Las técnicas moleculares que se consideran basados en proteínas son: Western Blot, ELISA y sus variantes y tiras de flujo lateral.

2.3.2 MÉTODOS BASADOS EN PRUEBAS DE DNA

Los métodos de diagnóstico molecular detectan organismos transgénicos y cuantifican secuencias de DNA que han sido introducidos dentro de organismos durante el proceso de modificación (Ahmed, 2006). Dos son las técnicas que se utilizan comúnmente: Southern Blot y análisis con PCR (*Reacción en Cadena de la Polimerasa*, por sus siglas en inglés). Los microarreglos basados en tecnologías biosensor en tiempo real han sido aplicados para diagnósticos de secuencias de ADN transgénico (Ahmed, 2006).

2.3.3 MÉTODOS BASADOS EN TECNOLOGÍA DE ESPECTROSCOPIA DE TRANSMITANCIA (CERCANO AL INFRARROJO)

Son métodos no destructivos muy utilizados por beneficiadores de granos en los Estados Unidos, sin embargo presenta problemas su sensibilidad (Roussel y Cogdill, 2004). El CUADRO 2, a modo de resumen expone los principales métodos de detección de secuencias de ADN recombinante (secuencias transgénicas).

3. REFLEXIONES SOBRE LOS TRANSGÉNICOS FINALES: IMPLICACIÓN DE UNA MAYOR DIFUSIÓN

En materia de transgénicos, la pregunta obligada es, *¿Qué debemos hacer para tener más información sobre estos organismos?*. En opinión de los autores, primero se deben implementar campañas de información y divulgación de la ciencia relacionada con transgénicos en donde participen investigadores en empresas o universidades, ingenieros, empresa privada, gobierno a todos los niveles y por supuesto la sociedad en general. En las escuelas primarias, por ejemplo debería enseñarse a los estudiantes lo básico sobre transgénicos al igual que se enseña sobre la ecología, el agua y otros temas todos de especial interés como la salud o la sexualidad.

Segundo, efectuar talleres comunitarios, hacer evidencia de la bondad de las semillas transgénicas y las convencionales por llamar así a la producción de maíz tradicional, a nuestro parecer lo más importante es demostrar las

CUADRO 2.

Resumen de métodos que específicamente detectan secuencias recombinantes producidos por alimentos genéticamente modificados.

Fuente: Ahmed (2002; 2006).

Parámetro	Basado en proteínas			Basados en ADN					
	Western Blot	ELISA	Tiras de flujo lateral	Southern blot	PCR cualitativa	QC-PCR y dilución limitante	PCR en tiempo real	Microarreglos de ADN	Sensores de ADN
Dificultad	Difícil	Moderada	Fácil	Difícil	Difícil	Difícil	Difícil	Difícil	Difícil
Requerimientos de equipo especial	Si	Si	No	Si	Si	Si	Si	Si	Si
Sensibilidad	Alta	Alta	Alta	Moderada	Muy alta	Alta	Alta	Alta	Baja
Duración [†]	2 días	30-90 min	10 min	6 h	1.5 días	2 días	1 día	2 días	2 días
Costo/muestra (US\$ dólar)	150	5	2	150	250	350	450	600	200
Resultados cuantitativos	No	Si	No	No	No	Si	Si**	Si	No
Disponibilidad para pruebas en campo	No	Si	Si	No	No	No	No	Si	Si
Utilizado principalmente en	Laboratorio académico	Prueba fácil	Prueba de campo	Laboratorio académico	Prueba fácil	Prueba fácil	Prueba fácil	Laboratorio académico*	Laboratorio académico*

[†] Excluye tiempo empleado para la preparación de la muestra; * En desarrollo; ** Con alta precisión.

bondades, y por que no, las desventajas que pueda tener la utilización indiscriminada de estas semillas, si existieren.

Tercero y de especial relevancia, es conservar nuestro germoplasma (material genético, semillas, órganos de plantas) y depositarlos en lugares especializados como jardines botánicos, bancos de germoplasma de universidades, institutos o en las mismas comunidades al promover lo que conocemos como conservación *ex situ* e *in situ*.

El Dr. Norman Bourlaug —Premio Nobel de la Paz en 1970— destacó en el prólogo del libro “*Los Transgénicos, Oportunidades y Amenazas*”, que la confrontación de algunos consumidores en contra del uso de la biotecnología en cultivos transgénicos en países de la Organización de Cooperación y Desarrollo Económico (OCDE), que incluye a México, hubiera podido evitarse si más gente hubiera recibido una mejor educación en ciencias biológicas (Villalobos, 2008).

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Los productos transgénicos del futuro posiblemente contendrán modificaciones que se integrarán a la nutrición y mejorarán la salud de la población mexicana e internacional. Además, ayudarán a incrementar el rendimiento en condiciones de sequía y de altas o bajas temperaturas, permitiendo a las plantas acceder y aprovechar de una manera más eficiente los nutrientes. Las tecnologías mencionadas tienen más beneficios que ofrecer a la sociedad en general, así como a los campesinos y consumidores de menor ingreso.

Finalmente, no solamente hay que esperar una reflexión del gobierno nacional, si no de todos los involucrados; gobernadores y gobernados, universidades, sociedades científicas y los que se quieran sumar. El gobierno también espera esa reflexión por lo que es tema de interés común, ya que el problema de la

alimentación, es la razón vital a la que se debe abocar, las Administraciones que conforman el Estado de México.

5. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ARBER, W. 2008. La ingeniería genética usa estrategias de la naturaleza. *Ciencia* 59: 88.
- AHMED, F. E. 2006. Identification of Genetically Modified Organisms. In: Molecular Diagnosis. Parinos, G. P. and Ansorge, W. (eds.). Elsevier Academic Press. USA. pp: 235-248.
- AHMED, F. E. 2002. Detection of genetically modified organisms in foods. *Trends in Biotechnology* 20: 215-223.
- BRAMBILA, P. J. 2006. *En el Umbral de una Agricultura Nueva*. Universidad Autónoma Chapingo, Colegio de Postgraduados. México. 320 p.
- BRETT, G. M., S.T. CHAMBERS, L. HUANG and M. R. A. MORGAN. 1999. Design and development of immunoassays for detection of proteins. *Food Control* 10: 401-406.
- BURRIS, J. 2002. Adventitious Pollen Intrusion into Hybrid Maize Seed Production Fields. American Seed Trade Assoc. En: http://www.amseed.com/govt_statementsDetail.asp?id=69 [Consultado: 20/07/2009].
- JAMES, C. 2006. *Global status of commercialized Biot/GM crops: 2006*. ISAAA Brief No. 35. ISAAA: Ithaca, NY. USA. 83 p.
- ROBLES, S. R. 1995. *Diccionario genético y fitogenético*. 1a. ed. Ed. Trillas. México. 197 p.
- ROUSSEL, S. and R. P. COGDILL. 2004. *Near infrared spectroscopic methods*. In: Testing of Genetically Modified Organisms in Food. Ahmed, F. E. (ed.). Haworth Press, Binghamton, N. Y. USA. pp: 255-284.
- VILLALOBOS, A. V. M. 2008. *Los transgénicos: Oportunidades y amenazas*. Ediciones Mundi-Prensa. México. 112 p.
- NIELSEN, A. 2003. Los transgénicos. En: <http://www.kingcorn.org/news/timeless/Tassels.html> [Consultado: 15/07/2009].