

Organismos Transgénicos: Ventajas y Riesgos

**Transgenic Organisms:
Advantages and Risks**

Dr. Andrei N. Tchernitchin*

Resumen

Se analizan las ventajas y riesgos de la introducción de organismos transgénicos a Chile y de su consumo por la población. Las ventajas principales son resistencia a insectos y plagas, resistencia a herbicidas, mejor producción y productividad, control y prevención de enfermedades, mayor tolerancia al estrés ambiental, frutos más resistentes, obtención de plantas biorreactoras, mayor fijación de nitrógeno, mejoramiento con fines ornamentales, y pueden permitir la producción de fármacos, vacunas y anticuerpos. Las principales desventajas son los riesgos para la salud, para la conservación de la biodiversidad y riesgos económicos y estratégicos. Estos son descritos en detalle y se analizan algunos aspectos éticos relacionados con el tema.

Abstract

Advantages and risks of the introduction to transgenic organisms to Chile and of their use as food by the population are analyzed. Main advantages are: resistance to insects and plagues, resistance to herbicides, better productivity, control and prevention of diseases, increased tolerance to environmental stress, more resistant fruits, bioreactor species, better ornamental qualities, increased nitrogen fixation, and possibility of pharmaceuticals, vaccines and antibodies production. Main disadvantages are risks for health, for biodiversity preservation, and economic and strategic risks. These are described in detail and some ethical aspects related with the subject are analyzed.

* *Dr. Andrei N. Tchernitchin, Médico Universidad de Chile; Profesor Titular del Instituto de Ciencias Biomédicas, Facultad de Medicina, Universidad de Chile; Consejero General (Santiago) del Colegio Médico de Chile; Presidente, Comisión de Salud y Medio Ambiente del Colegio Médico de Chile; Director Científico, Consejo de Desarrollo Sustentable de Chile - atcherni@med.uchile.cl y atchernitchin@medicosdesantiago.cl*

Introducción. †

Los organismos transgénicos (OT) son seres vivos a los cuales se les ha insertado una porción de un genoma foráneo. Son organismos que han sido genéticamente modificados, aún cuando es necesario precisar que existen organismos genéticamente modificados que no son transgénicos, tales como, por ejemplo, los organismos poliploides. Los genes transferidos pueden provenir de plantas, animales, bacterias, virus u hongos, o de más de uno de ellos. Estos genes foráneos que contienen y expresan, les confieren nuevas características. De estos organismos, las plantas han sido ampliamente estudiadas, y fueron creadas para diferentes fines. Gran parte de los organismos genéticamente modificados contienen genes marcadores moleculares, tales como genes de resistencia a antibióticos, luciferasa, etc., que permiten su identificación.

Respecto de los organismos transgénicos, actualmente existe mucha polémica.

Las ventajas de los OT son: (a) resistencia a insectos y plagas; (b) resistencia a herbicidas; (c) permiten mejorar la producción y la productividad; (d) permiten el control y la prevención de enfermedades; (e) proveen mayor tolerancia al estrés ambiental; (f) los frutos pueden ser más resistentes; (g) pueden obtenerse plantas biorreactoras; (h) permiten una mayor fijación de nitrógeno; (i) permiten el mejoramiento con fines ornamentales, y (j) pueden permitir la producción de fármacos, vacunas y anticuerpos.

Las desventajas y riesgos más conocidos de los OT son: (a) la toxicidad del insecticida Bt (producidos por los genes de *Bacillus thuringensis*); (b) pueden originar la producción de super plagas, resistentes a plaguicidas; (c) pueden generar una resistencia a los antibióticos de gérmenes que infectan al ser humano, con sus graves consecuencias sobre la salud, o de gérmenes que afectan la producción ganadera o avícola; (d) producen inestabilidad genética; (e) producen una interacción ecológica negativa; (f) pueden originar la producción de supermalezas, resistentes a herbicidas; (g) constituyen un riesgo para la biodiversidad; (h) puede producirse transferencia horizontal de genes; (i) se produce con mucha facilidad contaminación genética de especies no modificadas genéticamente, incluidas las nativas, por polinización cruzada (existen ejemplos que causaron grave perjuicio económico); (j) pueden generar reacciones alérgicas en parte de los consumidores, como ya se ha demostrado con algunos organismos transgénicos, por lo cual es imprescindible un etiquetado de los productos que contienen algún porcentaje de OT; (k) constituyen frecuentemente una tecnología terminator en el consumidor, ya que los productores agrícolas están

obligados a comprar semillas transgénicas para cada siembra, dependiendo de las condiciones de las empresas que poseen la licencia de los OT y que pueden variar en el tiempo, lo cual tiene consecuencias fundamentalmente socioeconómicas.

En general, los riesgos de los organismos transgénicos pueden ser clasificadas en (A) riesgos para la salud; (B) riesgos para la preservación de la biodiversidad, y (C) riesgos económicos y estratégicos, entre ellos, riesgo de pérdida del patrimonio genético.

Desde el punto de vista científico, no se puede estar a favor o en contra de los organismos transgénicos. Se puede estar a favor o en contra de cada una de las ventajas, desventajas y riesgos.

Riesgos para la Salud de los Organismos Transgénicos

Los principales riesgos para la salud humana de los OT son los siguientes:

(a) Reacciones alérgicas y de hipersensibilidad, lo cual implica la necesidad de la obligatoriedad del etiquetado de productos de consumo humano que tengan algún porcentaje de productos OT.

(b) Sustancias químicas nocivas que contienen diversos OT, entre ellas: (i) Diversos marcadores como luciferasa. (ii) Sustancias plaguicidas, las que inducen efectos agudos, efectos crónicos, efectos diferidos y en especial aquellos causados por el mecanismo del imprinting (1-4) por exposición prenatal o durante los primeros años de desarrollo postnatal. Entre éstas, se puede mencionar el insecticida Bt (producidos por los genes de *Bacillus thuringensis*). (iii) Diversas lectinas, tales como la lectina aglutinina de *Galanthus nivalis*, GNA, que causa proliferación de la mucosa gástrica y cambios ultraestructurales de la mucosa intestinal (5), unión de la lectina a proteínas de los leucocitos (6) y otros efectos. (iv) Otros compuestos aún no identificados, por ejemplo, proteínas de soya transgénica cuya ingestión determina cambios bioquímicos y funcionales en los hepatocitos (7, 8). (v) Sustancias químicas nuevas, que causen cambios en las cadenas metabólicas por nuevas enzimas o por cambios en las concentraciones de los sustratos.

(c) Uso de una mayor cantidad de herbicidas u otros compuestos que pueden pasar a los alimentos provenientes de los OT. Por ejemplo, se han demostrado altas concentraciones del herbicida glifosato en soya transgénica de Monsanto que es resistente a dicho herbicida; la exposición a este compuesto químico está relacionada con el desarrollo de linfomas no-Hodgkin (9).

(d) Genes de resistencia a antibióticos, que pueden ser transferidos a gérmenes patógenos para el ser hu-

† Versión modificada de la presentación solicitada al Colegio Médico (abril de 2004) por la Comisión de Medio Ambiente y Bienes Nacionales del Senado de Chile.

mano - generando en ellos resistencia a diversos antibióticos. Esta resistencia afecta las posibilidades de tratamiento con antibióticos de patologías causadas por estos gérmenes. (ejemplo, genes de resistencia a ampicilina en maíz de Novartis).

(e) Faltan sustancias químicas o cambian de proporción por existencia de nuevas enzimas necesarias para la síntesis de nuevas sustancias químicas, que desvían los precursores hacia otra vía metabólica. Ejemplos: Cuando un tomate transgénico o incluso un tomate de una variedad seleccionada pierde su aroma, significa que pierde al menos una sustancia química volátil que le da el aroma. Por el mismo mecanismo puede perder otras sustancias químicas que son importantes para la salud, por ejemplo, los licopenos del tomate que confieren protección contra el cáncer gástrico. O la proporción de fitoestrógenos presentes en la soya nativa, que protegen a los consumidores de soya asiáticos contra el cáncer de mama (mortalidad muy baja en Japón y China), al cambiar la proporción de dichos compuestos se puede perder dicho efecto protector. Este efecto tiene fundamento científico basado en la existencia de diferentes sistemas de receptores de estrógeno para cada uno de los cuales existe afinidad diferencial de diversos estrógenos agonistas y antagonistas, incluyendo fitoestrógenos (10-13). Por este mismo motivo, la eficacia del uso terapéutico de diversos extractos presenta propiedades superiores a los principios activos purificados.

(f) Pérdida de potenciales fármacos de origen vegetal (fitofármacos) o de hongos (antibióticos) como consecuencia de pérdida de la biodiversidad (pérdida de especies, de variedades o de diversos genes presentes en variedades originarias) o de la contaminación con genes transgénicos.

(g) Posible transferencia de genes al ser humano, que es sugerida por diversos trabajos científicos (14), aún cuando todavía existe controversia al respecto.

Riesgos para la Preservación de la Biodiversidad de los OT

Los principales riesgos para la preservación de la biodiversidad son:

- (a) Desplazamientos por plantas o malezas invasivas.
- (b) Desaparición de (i) variedades más antiguas, (ii) variedades originarias, (iii) diversos genes, y (iv) compuestos químicos presentes en variedades originarias, como consecuencia de la polinización cruzada con especies transgénicas.
- (c) Desaparición de variedades o cepas más antiguas por falta de su cultivo.
- (d) Desaparición de especies (insectos, plantas u otros organismos,) por efecto de nuevos compuestos químicos nocivos (insecticidas) o como consecuencia del desplazamiento por especies transgénicas.

(e) Alteración en especies no transgénicas por transferencia de genes.

(f) Aparición de microorganismos resistentes a antibióticos.

(g) Cambios en equilibrios ecológicos.

La preservación de la biodiversidad de nuestro país tiene una gran importancia médica, social y económica para nuestro país, en especial para las futuras generaciones, por cuanto cada una de las especies que integra nuestra biodiversidad tiene las siguientes potencialidades:

(a) Desarrollo de nuevos fármacos.

(b) Desarrollo de nuevos productos alimenticios (prevención de enfermedades).

(c) Desarrollo de nuevos productos de uso en diversas actividades económicas.

- productos químicos
- pigmentos
- fibras
- flores ornamentales

(d) Ocupación masiva de mano de obra (trabajo).

(e) Desarrollo de actividades económicas ambientalmente limpias y sustentables.

(f) Contribuir al desarrollo de los pueblos originarios y a la preservación y divulgación de sus culturas como parte importante de la diversidad cultural del país, y a su vez aprovechando los beneficios económicos del desarrollo de productos originados de especies vegetales reconocidas por ellos ancestralmente, incluyendo nuevos fármacos.

Riesgos Económicos y Estratégicos de los OT

Los principales riesgos económicos y estratégicos de los Organismos Transgénicos son los siguientes:

(a) Efectos derivados de la pérdida de la biodiversidad (sus beneficios vistos más arriba).

(b) Pérdida de mercados por la reticencia para importaciones de productos transgénicos, de especies contaminadas por genes transgénicos o de especies en riesgo de contaminación por provenir de países donde se autoriza cultivo de transgénicos.

(c) Menor precio de productos transgénicos.

(d) Incompatibilidad con el desarrollo de la agricultura orgánica o agricultura limpia en cualquiera de sus formas (la cual puede entregar un importante valor agregado a dichos productos).

(e) Desarrollo de supermalezas resistentes a herbicidas (ejemplo a glifosato).

(f) Patentes y derechos por nuevas especies.

(g) Dependencia de por vida de los agricultores del fabricante de los OT y de las semillas vendidas (o «arrendadas») por los proveedores.

(h) Monopolio de los OT.

(i) Pérdida de la seguridad alimentaria y de la soberanía alimentaria.

(j) Pérdida de la propiedad de especies o variedades actualmente en cultivo y demandas judiciales realizadas por los dueños de los OT al contaminarse las variedades nativas o «tradicionales» con genes de transgénicos - ejemplo ya sucedido en Canadá, en donde una empresa agrícola que cultivaba soya tradicional perdió una demanda judicial frente a Monsanto por vender productos contaminados por genes transgénicos patentados por Monsanto, con que había sido contaminada.

(k) ¿Quién es el dueño de las especies nativas y de las variedades actualmente cultivadas?

Consideraciones Adicionales Respecto de los OTs

En relación a la creación, apropiación vía patentes e introducción de los organismos transgénicos, es necesario realizar las siguientes consideraciones:

(a) La aceptación de los derechos de propiedad intelectual con las consiguientes patentes sobre los organismos transgénicos plantea la interrogante de quién es el dueño de la vida. En este contexto, las siguientes consideraciones éticas deben ser analizadas: (i) la patentabilidad de la vida; (ii) que unas pocas empresas transnacionales sean dueñas de las patentes y de casi el 100% del mercado; (iii) el monopolio de los OT, (iv) el derecho de cobrar royalties por derecho de uso de las nuevas formas de vida creadas, y (v) el dilema de quien sería, por ejemplo, propietario de una especie genéticamente modificada de papa (especie originaria de Sudamérica) a la cual se le han introducido genes de castaña de Caju (especie originaria de Sudamérica)?

(b) El nuevo mercado agrícola plantea los siguientes problemas: (i) el agricultor depende de por vida de la empresa fabricante; (ii) el mercado pasa de «comprador-vendedor» a «proveedor-usuario»; (iii) el agricultor «alquila» la semilla cada vez, y (iv) ¿en qué condiciones quedará la seguridad alimentaria?

(c) El cultivo de los transgénicos plantea los siguientes desafíos: (i) grandes extensiones de cultivo con muy pocas especies y pocas variedades, en determinados países; (ii) influencia de estos cultivos en salud, biodiversidad y desarrollo económico del país; (iii) transgénicos versus especies subutilizadas, y (iv) agricultura OT versus agricultura tradicional y su compatibilidad en el largo plazo.

(d) Para Chile, se plantean los siguientes problemas: (i) no hay legislación apropiada; (ii) todavía no se aplica el etiquetado diferencial; (iii) falta información al consumidor, (iv) las pruebas de seguridad son poco confiables.

(e) Se pueden mencionar ejemplos de falta de ética para el uso de OT: (i) Estados Unidos realiza una donación de maíz Starlink a Bolivia mediante el pro-

grama de alimentos, teniendo conocimiento que es altamente alergénico y que fue prohibido en el país de origen; (ii) en Canadá un cultivo de soya tradicional se contaminó con genes de soya transgénica, la empresa propietaria de la patente, Monsanto, ganó una demanda por venta de productos con sus genes patentados, obligando a la empresa perjudicada por la contaminación con los genes patentados a una indemnización para Monsanto.

(f) Hay que considerar que (i) existen fuertes intereses económicos; (ii) no existe una posición definitiva; (iii) para cada caso hay beneficios y riesgos asociados; (iv) falta mucho conocimiento que pueda predecir riesgos graves; (v) falta análisis sobre seguridad económica, ambiental, salud y dependencia alimenticia de empresas transnacionales, que pueda afectar la seguridad y soberanía alimentaria.

(g) Hay preguntas adicionales sobre temas que influirán en los beneficios económicos por el uso y comercialización de los recursos genéticos de nuestro país: (i) ¿quién es el propietario de los genes humanos?; (ii) ¿a quién le pertenecen los OT: a la empresa que los creó, al país o a los países de donde provienen las especies cuyos genes se han combinado, o combinación de los anteriores?; (iii) ¿quién es el propietario de un OT introducido al país en donde causó la extinción de la especie originaria por desplazamiento o por polinización cruzada por la especie transgénica introducida?; (iv) ¿Cómo se manejará en Chile y de acuerdo a los futuros acuerdos y convenios internacionales, incluyendo los tratados de libre comercio, y con la OMC un caso similar a la contaminación en Canadá por genes de Monsanto de una especie tradicionalmente cultivada en ese país?

Conclusiones

Se puede concluir que la protección de la salud, de la biodiversidad, y el desarrollo económico de Chile dependerán de la legislación nacional y de los convenios internacionales que firme Chile con los demás países. De ellos dependerán también los beneficios económicos derivados del uso y explotación de los recursos genéticos originarios de nuestro país. En todo caso, mientras no se obtengan resultados más definitivos sobre los riesgos de la propagación y consumo de organismos transgénicos, sería recomendable seguir las recomendaciones de la Asociación Médica Británica, quienes han solicitado en su informe publicado en mayo de 1999 una moratoria indefinida mientras se obtengan más resultados sobre nuevas alergias, la diseminación de genes de resistencia a antibióticos, y los efectos del ADN transgénico, y sumarse al principio precautorio adoptado en el Protocolo de Bioseguridad de Cartagena, que ha sido firmado en Nairobi por 68 gobiernos en mayo de 2000.

Referencias

1. Csaba G. Phylogeny and ontogeny of hormone receptors: the selection theory of receptor formation and hormonal imprinting. *Biol Rev* 1980; 55:47-63
2. Tchernitchin AN, Tchernitchin N. Imprinting of paths of heterodifferentiation by prenatal or neonatal exposure to hormones, pharmaceuticals, pollutants and other agents and conditions. *Med Sci Res* 1992; 20:391-387
3. Tchernitchin AN, Tchernitchin NN, Mena MA, Unda C, Soto J. Imprinting: Perinatal exposures cause the development of diseases during the adult age. *Acta Biol Hung* 1999; 50:425-440
4. Tchernitchin AN, Tchernitchin NN. Perinatal exposure to substances present in plants and other compounds causes the development of diseases during the adult age, by the mechanism of imprinting. *Acta Hort* 1999; 501:19-29
5. Ewen SWB, Pusztai A. Effects of diets containing genetically modified potatoes expressing *Galanthus nivalis* lectin on rat small intestine. *The Lancet* 1999; 354:1353-1354
6. Fenton B, Stanley K, Fenton S, Bolton-Smith C. Differential binding of the insecticidal lectin GNA to human blood cells. *Lancet* 1999; 354:1354-1355.
7. Onischenko GG, Tutel'ian VA, Petukhov AI et al. Current approaches to the evaluation of genetically modified food products. *Vopr Pitan* 1999; 68:3-8
8. Tutel'ian VA, Kravchenko LV, Lashneva NV et al. Medical and biological evaluation of safety of protein concentrate from genetically-modified soybeans. *Biochemical studies. Vopr Pitan* 1999; 68:9-12
9. Hardell H, Eriksson M. A case-control study of non-Hodgkin lymphoma and exposure to pesticides. *Cancer* 1999; 85:1355-1360
10. Tchernitchin A. Radioautographic study of the effect of estradiol-17 β , estrone, estriol, progesterone, testosterone and corticosterone on the in vitro uptake of 2,4,6,7-3H estradiol-17 β by uterine eosinophils of the rat. *Steroids* 1972; 19:575-586
11. Tchernitchin AN, Mena MA, Rodríguez A, Maturana M. Radioautographic localization of estrogen receptors in the rat uterus: a tool for the study of classical and nontraditional mechanism of hormone action. En: *Localization of Putative Steroid Receptors* (Pertschuk LP, Lee SH, editores), CRC Press, Boca Raton, Florida 1985; 1:5-37
12. Grunert G, Porcia M, Tchernitchin AN. Differential potency of oestradiol-17 β and diethylstilboestrol on separate groups of responses in the rat uterus. *J Endocrinol* 1986; 110:103-114
13. Tchernitchin AN, Mena MA, Soto J, Unda C. The role of eosinophils in the action of estrogens and other hormones. *Med Sci Res.* 1989; 17:5-10
14. Ho MW, Tappeser B. (1997). Potential contributions of horizontal gene transfer to the transboundary movement of living modified organisms resulting from modern biotechnology. En: *Proceedings of Workshop on Transboundary Movement of Living Modified Organisms resulting from Modern biotechnology: Issues and Opportunities for Policy-makers* (Mulongoy KJ, editor), International Academy of the Environment, Geneva, pp. 171-193