

Alimentos transgénicos: ¿Peligro o beneficio?

Daniel Ramón

Investigador del CSIC. Coordinador del Área de Tecnología de Alimentos.

Instituto de Agroquímica y Tecnología de Alimentos. Valencia

Los alimentos transgénicos

Desde la antigüedad el hombre viene modificando el patrimonio genético de animales o plantas para crear nuevas razas o variedades cuyo rendimiento industrial sea más adecuado. Para ello se ha basado en la búsqueda de la variabilidad natural y en el cruce sexual. Cuando

se llevan a cabo estos cruces, los mejoradores combinan al azar los miles de genes de los genomas de dos parentales para encontrar en la descendencia un genoma que reúna los genes beneficiosos de ambos progenitores. La probabilidad de encontrar la combinación genética adecuada es muy baja, pero conviene

recordar que esta técnica ha funcionado, y todos los alimentos de nuestra dieta tienen como materia prima especies obtenidas mediante esta estrategia.

Desde hace quince años, los biólogos moleculares son capaces de aislar en el tubo de ensayo el genoma de cualquier célula y tomar del mismo un pequeño fragmento de material hereditario que contenga un gen de interés. Dicho fragmento, y por lo tanto dicho gen, se puede amplificar *in vitro* e introducir en el mismo organismo del que provenía o, gracias a la uniformidad del código genético, en otro distinto. En este último caso se genera un organismo al que se llama transgénico por contener genes de otras especies. En global las técnicas de selección, amplificación y expresión de genes en el laboratorio se llaman ingeniería genética. Pueden ser aplicadas a múltiples facetas de la producción científica e industrial, entre las cuales se cuenta la tecnología de alimentos. Cuando en el diseño de un alimento se aplican técnicas de ingeniería genética, al alimento resultante lo llamamos alimento transgénico¹. Dicho nombre sólo se aplica en los países castellanoparlantes, ya que en el resto de países de nuestro entorno se habla de ellos como alimentos modificados genéticamente ("genetically modified foods").

Para producir un alimento es necesario partir de una materia prima que sufre un procesamiento industrial y rinde el alimento final. Éste puede ser muy simple (un lavado y envasado para las frutas y hortalizas en fresco) o complejo (una fermentación con un microorganismo en el caso de la producción del yoghurt o la adición a un alimento procesado de conservantes, espesantes, enzimas o aromatizantes). Hace apenas un año, el consumidor entendía por alimento transgénico aquel en el que se modificaba por ingeniería genética la materia prima o, en el caso de los alimentos fermentados, el microorganismo responsable de la fermentación. Ahora, además también entiende por alimento transgénico aquel que porta un aditivo alimentario obtenido a partir de un organismo modificado por ingeniería genética. Es decir, si una galleta porta harina obtenida a partir de un maíz modificado genéticamente, el consumidor europeo entiende que esa galleta es transgénica. Como consecuencia se puede hablar de dos acepciones distintas del término alimento transgénico: una amplia y otra restringida.

¿Cuántos alimentos transgénicos se comercializan en la actualidad? Si nos atenemos a la definición estricta de alimento transgénico unos sesenta en

todo el mundo, la gran mayoría de ellos en Estados Unidos, Australia, Canadá o Japón. A estos habría que sumar más de trescientos en última fase de experimentación o con solicitud de permiso de comercialización. Si asumimos la definición amplia, la pregunta no tiene respuesta, ya que existen miles de alimentos que contienen enzimas, lecitinas, almidones o harinas provenientes de organismos modificados genéticamente.

¿Cuál es la diferencia entre un alimento transgénico y su convencional correspondiente? Tan sólo técnica, ingeniería genética frente a cruce sexual, aunque ello implica consecuencias importantes. En primer lugar, en el diseño de un alimento transgénico prima la direccionalidad frente al azar. En el cruce sexual se juntan al azar dos genomas cada uno con varios miles de genes hasta obtener la combinación adecuada. Con la ingeniería genética se toma el gen adecuado y en un único paso se introduce en el genoma receptor logrando la combinación deseada. En segundo lugar, y dada su direccionalidad, en el diseño de un alimento transgénico es posible obtener la combinación genética adecuada de forma mucho más rápida. Finalmente, en el alimento transgénico es posible saltar la barrera de

especie. No es posible cruzar sexualmente una sandía con una coliflor, pero se pueden expresar genes de coliflor en una sandía transgénica. Esta última diferencia puede dar lugar a conflictos entre los consumidores. Imaginemos un vegetal transgénico que contenga un gen animal. Debemos ser conscientes de la necesidad de informar de ello a un vegetariano de dieta estricta. Esta repercusión ética debe ser considerada por los científicos que trabajan en el tema.

Algunos ejemplos de alimentos transgénicos

Los alimentos transgénicos no son sólo la soja y el maíz transgénicos. Hay alimentos transgénicos animales, vegetales y fermentados. En algunos la modificación genética introducida favorece al productor y en otros al consumidor. Muchos han sido producidos en compañías multinacionales del sector. Otros en centros públicos de investigación. Para poder tener una visión real del problema se hace necesario analizar varios ejemplos.

Se han construido variedades vegetales resistentes al ataque por plagas, así como vegetales transgénicos con retardo en su maduración o mejorados en cuanto a su composición nutricional o

propiedades organolépticas. Tal vez el caso más conocido sea el del maíz transgénico que contiene un gen de la bacteria *Bacillus thuringiensis* que da lugar a la síntesis de la proteína Bt. Esta proteína es un insecticida que mata al taladro, un gusano que destroza cosechas enteras de maíz². Se trata de un ejemplo de beneficio para el productor, tanto la compañía que vende la semilla transgénica como el agricultor que la cultiva. Por el contrario, un ejemplo de vegetal transgénico en el que el beneficiado es el consumidor hace referencia al reciente desarrollo de una variedad de patata transgénica que, al contener el gen de la subunidad B de la toxina del cólera, es capaz de inmunizar contra esta enfermedad³. La vacuna es el propio vegetal, evitando así los problemas de pérdida de la cadena de frío asociados a la vacunación tradicional, sobre todo en países del Tercer Mundo.

En alimentos animales se ha avanzado menos, aunque es posible construir animales de granja transgénicos. Se dispone de salmones transgénicos que portan múltiples copias del gen de la hormona de crecimiento y ganan tamaño mucho más rápido con el consiguiente beneficio para el productor⁴. La ingeniería genética permite expresar determinados genes en determinados

tejidos. Así, se han expresado genes que codifican proteínas de interés farmacológico en la glándula mamaria de hembras de diferentes mamíferos⁵. Son productos de alto valor añadido como el activador del plasminógeno o el factor VIII de coagulación sanguínea, con lo que un rebaño de tamaño medio podría producir la suficiente cantidad de estos productos para poder atender la demanda de todos los enfermos actuales durante un año. Un beneficio espectacular para el consumidor, pero no sólo eso. Estos resultados son un paradigma que permite pensar en la modificación bioquímica de la composición de la leche. Basándose en estos resultados se han desarrollado ovejas transgénicas que producen leche conteniendo lactoalbumina humana o ratas capaces de producir leche con mínimos contenidos en lactosa⁶.

También se han aplicado técnicas de ingeniería genética en el caso de los alimentos fermentados. Se han construido bacterias lácticas o levaduras transgénicas que portan genes de otros organismos. Los resultados son quesos en los que es posible controlar, e incluso acortar, los tiempos de maduración sin pérdida de calidad⁷, o vinos con un incremento de aroma afrutado, una característica organoléptica muy apre-

ciada por el consumidor centroeuropeo⁸.

¿Veneno o maná?

A pesar de sus enormes posibilidades, existen recelos en torno a la comercialización de los alimentos transgénicos. Los miedos asociados a su ingestión son mucho mayores que los asociados al uso de cualquier otro producto de la ingeniería genética. ¿Por qué? Hay varias razones, pero la más importante es que en alimentación el consumidor siempre tiene la opción de escoger. Podemos decidir entre consumir un tomate transgénico o uno convencional, pero no sobre inyectarnos insulina transgénica, ya que no existe la alternativa contraria. A este hecho sumemos que alimentación es más que la necesidad fisiológica de obtener energía. Para muchos, alimentación es cultura. En este contexto cultural deben entenderse los recelos en torno a la ingestión de estos productos.

¿Cual es la situación social? Hay una disputa entre dos polos: las compañías multinacionales productoras y los grupos de presión contrarios a la comercialización (fundamentalmente organizaciones ecologistas). Esta controversia, unida a la falta de divulgación científica adecuada, confunde al consumidor que se pregunta: ¿son seguros para mi salud

los alimentos transgénicos? Para contestar a esta pregunta hay que partir de dos supuestos:

En primer lugar, hay que entender que en alimentación, como en cualquier otra faceta de la vida, riesgo cero no existe. Aun más, no hay una uniformidad en las poblaciones ya que determinados riesgos pueden afectar sólo a determinadas subpoblaciones (el gluten de trigo es un peligro para los celíacos pero no para el resto de la población). En segundo lugar, no es posible generalizar. Hay muchos alimentos transgénicos desarrollados y es imposible dar una respuesta general sobre su posible inocuidad. En otras palabras, como en el caso de los fármacos, la evaluación caso por caso, alimento transgénico por alimento transgénico, parece la forma más racional de abordar el estudio.

Desde hace varios años, la FAO, la OMS o la OCDE han establecido sus propios grupos de trabajo sobre la seguridad para el consumidor de los nuevos alimentos transgénicos, concediéndole prioridad a la elaboración de principios científicos para la evaluación. Estos trabajos concluyeron con el desarrollo del concepto de equivalencia sustancial que otorga dicha categoría a aquellos alimentos transgénicos cuya composición nutricional y características

organolépticas son iguales al alimento convencional del que proviene, con la única excepción del nuevo carácter introducido por ingeniería genética⁹. Todos los alimentos transgénicos que han obtenido el permiso de comercialización han sido sometidos a una evaluación del contenido nutricional (equivalencia sustancial), la posible presencia de alérgenos y el nivel de toxicidad¹⁰⁻¹¹. Los resultados permiten afirmar que no hay datos científicos que indiquen que, por el hecho de ser transgénicos, representan un riesgo para la salud del consumidor superior al que implica la ingestión del convencional correspondiente. Esta afirmación parecerá poco a determinados grupos de opinión, pero es mucho desde el punto de vista científico, ya que los alimentos transgénicos son, sin duda, los que han pasado mayor número de controles previos a su comercialización.

Pese a ello se sigue hablando de riesgos sanitarios y se hace referencia al aumento de alergias, la aparición de resistencias a antibióticos o los retardos en el desarrollo inmunitario¹². En todas las evaluaciones de alimentos transgénicos realizadas hasta la fecha tan sólo se ha detectado un caso de alergenidad. Es el de una soja transgénica que contiene un gen proveniente del genoma de la

soja brasileña que codifica una proteína de reserva de la semilla. Esta soja transgénica presenta un contenido nutricional más adecuado, pero, desgraciadamente el gen expresado codifica la proteína responsable de la alergenidad de este fruto seco¹³. Al iniciarse los experimentos este hecho se desconocía, por lo que el problema se detectó durante la evaluación del producto previa a la concesión del permiso de comercialización. Aunque la Food and Drug Administration concedió el permiso siempre y cuando se etiquetara advirtiendo del riesgo para los alérgicos a dicho fruto seco, la compañía productora decidió no comercializarlo. El resto de alimentos transgénicos ensayados no presentan problemas de alergenidad, es más, existen desarrollos transgénicos que los eliminan, como el de una levadura transgénica desarrollada por el Consejo Superior de Investigaciones Científicas que obvia la necesidad de utilizar un aditivo alérgico durante la panificación¹⁴.

El uso de genes que codifican resistencia a antibióticos como marcadores de selección en organismos transgénicos ha generado un agrio debate sobre la transferencia de los mismos a bacterias de la microbiota intestinal con la consiguiente aparición de cepas resis-

tentes al antibiótico. Los experimentos llevados a cabo hasta la fecha indican una falta de pruebas que apoyen esta hipótesis. De hecho, para que esto suceda se deberían dar tres fenómenos de baja probabilidad: el gen debería resistir la degradación por nucleasas del tracto digestivo, debería ser tomado por la bacteria intestinal y, finalmente, debería burlar los sistemas bacterianos de degradación del DNA exógeno e integrarse en el genoma bacteriano para poder expresarse. Algo muy poco probable pero que los científicos desde nuestra racionalidad no podemos afirmar que no se produzca. A pesar de ello conviene resaltar que la OMS hizo público un informe indicando que la presencia de genes de resistencia a antibióticos *per se* en un alimento no debería constituir un riesgo para la salud¹⁵. Aun así, durante los últimos años, y debido al debate pseudocientífico generado en torno a este tema, se han desarrollado técnicas que permiten eliminar los marcadores de resistencia en el producto final obviando el problema¹⁶. Hoy en día es posible, y por lo tanto exigible, construir alimentos transgénicos sin genes de resistencia a antibióticos.

En Agosto de 1998, el Dr. Arpard Pustzai, un científico del Rowett Research Institute, intervino en un progra-

ma de la televisión inglesa afirmando que ratas alimentadas con patatas transgénicas que expresaban el gen de una lectina tenían retardos en el desarrollo inmunitario. Resulta extraño que un científico anuncie sus resultados de esta forma, y no por medio de un informe o una publicación científica. La consecuencia fue inmediata: se desató una campaña en contra de los alimentos transgénicos en el Reino Unido que se extendió a otros países de la UE. En nuestro país fue objeto de primeras páginas y editoriales en varios periódicos de tirada nacional. Dichas patatas transgénicas fueron diseñadas en el instituto del Dr. Pustzai, un organismo público de investigación especializado en toxicología alimentaria, para disponer de controles positivos de toxicidad. En ningún caso se pretendía comercializarlas. Hace pocas semanas los resultados del Dr. Pustzai fueron publicados en *The Lancet*, a pesar de haber sido rechazados y criticados por seis revisores¹⁷. La opinión de distintos toxicólogos es unánime: el trabajo del Dr. Pustzai es incompleto, incluyó pocos animales en el experimento y había deficiencias en los controles^{18,19}. Evidentemente, la falta de fundamento científico del trabajo del Dr. Pustzai no ha sido recogida por los medios de comunicación.

¿Acabarán con nuestro medio ambiente?

También son constantes las noticias en torno al potencial peligro de estos productos de la ingeniería genética para el medio ambiente. La evaluación del riesgo en estos casos es más difícil, ya que se trata de experimentos a muy largo plazo y tenemos un relativo desconocimiento de los procesos ecológicos y genéticos en los ecosistemas naturales. Se habla de la posible transferencia de los genes exógenos desde la variedad transgénica a variedades silvestres. Por ejemplo se postula la transferencia de un gen de resistencia a un herbicida a una mala hierba y la aparición de una "supermalahierba". Las transferencias de genes entre plantas sexualmente compatibles son frecuentes en la Naturaleza, pero no entre especies sexualmente incompatibles. Por eso podemos afirmar que la transferencia de genes desde un maíz transgénico a uno convencional no es probable en Europa pero sí lo es en América Central donde existen variedades silvestres compatibles. Resulta por lo tanto evidente que el control sobre este tipo de experimentos debe ser riguroso y llevarse a cabo no sólo caso por caso, sino dentro de cada caso atendiendo a la localización geográfica del ensayo. Y de hecho así lo

es al deberse aplicar las distintas reglamentaciones que legislan al respecto.

Un segundo riesgo medioambiental lo constituye la pérdida de biodiversidad asociada al consumo de plantas transgénicas. Dicha pérdida se produce desde que el hombre decidió hacerse agricultor, ya que los consumidores con nuestros gustos hemos sesgado el cultivo hacia variedades concretas en detrimento de otras. Como ejemplo baste el recordar que a finales del siglo XVIII en Lérida había 24 variedades distintas de manzanas y hoy sólo se cultivan dos distintas de aquellas.

Podemos concluir de todo lo expuesto que no existe un riesgo medioambiental especial de los alimentos transgénicos. Los posibles riesgos son los mismos que poseen los alimentos convencionales, haciéndose necesaria la inversión en proyectos que permitan desarrollar criterios de evaluación medioambiental.

Riesgos económicos:

¿un negocio sólo para las multinacionales del sector?

Con frecuencia se oye hablar de los alimentos transgénicos como un negocio de las multinacionales del sector agroalimentario. No se han creado empresas nuevas para vender los alimentos

transgénicos: son las mismas que venden los alimentos convencionales. Por ello, centrar el debate en el problema de las multinacionales es cuanto menos una ingenuidad. Quizá el riesgo económico más importante hace referencia a la brecha tecnológica entre Norte y Sur, ya que ésta puede incrementarse con la llegada de los alimentos transgénicos. Para los científicos que trabajan en organismos públicos de investigación debería ser una obligación moral apoyar con parte de sus trabajos a los países desfavorecidos, bien formando científicos de dichas nacionalidades en las técnicas de ingeniería genética, bien cooperando científicamente con ellos tomando como material de trabajo sus variedades autóctonas. Ya se han dado pasos en este sentido. El más reciente la obtención en el Instituto de Tecnología de Basilea de dos variedades de arroz que tienen altos contenidos de provitamina A y hierro²⁰. Su uso en países como la India puede ayudar a solventar los problemas de avitaminosis de una parte de la población. No conviene confundir este hecho con el presentado por algunos biotecnólogos entusiastas que afirman que estos alimentos acabarán con el problema del hambre en el mundo. Nada más lejos de la realidad. Por desgracia este problema ya tiene solu-

ción al producirse la suficiente cantidad de alimentos para que nadie pase hambre, pero el reparto de excedentes alimentarios es un problema político sin solución.

Conclusiones

Los alimentos transgénicos son una realidad en las estanterías de nuestros supermercados. Desde un punto de vista científico debemos comprender que si bien no existen objeciones a su comercialización, haya un sector de la población que los rechace en función de sus creencias o actitudes. En Europa, el problema de su comercialización no es científico, sino económico. Hay muchos intereses, tanto por parte de las compañías que los quieren vender, como por las organizaciones que se oponen a su comercialización, algunas de las cuales tienen estructura de multinacional del marketing y han encontrado en las campañas en contra de los alimentos transgénicos un filón. Tampoco son ajenos a estos intereses los científicos de organismos públicos de investigación que ven peligrar sus temas de trabajo, ni los medios de comunicación cuyo objetivo primordial es vender y han visto en estos productos un aluvión de noticias sensacionalistas. En resumen, estamos al principio de la aplicación de una

nueva técnica en alimentación. Como cualquier técnica no es buena ni mala, dependerá de la aplicación que le demos. Si la biotecnología de alimentos no sirve para mejorar el bienestar de la

humanidad y tan sólo se convierte en un negocio de algunas compañías, no merecerá la pena invertir esfuerzos de investigación en esta parcela del conocimiento.

Bibliografía

1. Ramón, D. *Los genes que comemos*. Ed. Bromera, Alzira, 1999.
2. Estruch JJ, Carozzi NB, Desai N, Dick NB, Warren GW, Koziel MG. *Transgenic plants: an emerging approach to pest control*. *Nature Biotechnol*, 1997; 15: 137-141.
3. Arakawa, T, Chong, DKX, Langridge, WHR. *Efficacy of a food plant-based oral cholera toxin B subunit vaccine*. *Nature Biotechnol*, 1998; 16: 292-297.
4. Chen TT. *Making transgenic fish*. *Bio/technology*, 1994; 12: 249.
5. Velander WH, Lubon H, Drohan WN. *Producción de fármacos a través de animales transgénicos*. *Investigación y Ciencia*, 1997; Marzo: 46-51.
6. Jost B, Vilotte JL, Duluc I, Rodeau JL, Freund JN. *Production of low-lactose milk by ectopic expression of intestinal lactase in the mouse mammary gland*. *Nature Biotechnol*, 1999; 17: 160-164.
7. Pascalle GGA, de Ruyter OPK, Meijer WC, de Vos WM. *Food-grade controlled lysis of *Lactococcus lactis* for accelerated cheese ripening*. *Nature Biotechnol*, 1997; 15: 976-980.
8. Querol A, Ramón D. *The application of molecular techniques in wine microbiology*. *Trends Food Sci. Technol.*, 1996; 7: 73-78.
9. OECD. *Safety evaluation of foods derived by modern biotechnology: concepts and principles*. OECD, Paris, 1993.
10. OECD. *Food safety evaluation*. OECD, Paris, 1996.
11. Engel K, Takeoka GR, Teranishi R. *Genetically modified foods: safety aspects*. ACS Symposium Series. Washington, 1995.
12. Riechmann J. *Cultivos y alimentos transgénicos*. Fundación 1º de Mayo, Madrid, 2000.
13. Nordlee JA, Taylor SL, Townsend JA, Thomas LA, Bush RK. *Identification of a Brazil-nut allergen in transgenic soybeans*. *N Engl J Med*, 1996; 334: 688-692.
14. Randez-Gil F, Prieto JA, Murcia A, Sanz P. *Construction of baker's yeast strains that secrete *Aspergillus oryzae* alpha-amylase and their use in bread making*. *J Cereal Sci*, 1995; 21: 185-193.
15. WHO. *Health aspects of marker genes in genetically modified plants*. OMS, Geneva, 1993.
16. Puig S, Ramón D, Pérez-Ortín JE. *An optimized method to obtain stable food-safe recombinant wine yeast strains*. *J Agric Food Chem.*, 1998; 46: 1689-1693.
17. Ewen SSB, Pustzai A. *Effect of diets containing genetically modified*

potatoes expressing *Galanthus nivalis* lectin on rat small intestine. *The Lancet*, 1999; 354: 1353-1354.

18. Royal Society (http://www.royal-soc.ac.uk/st_pol54.htm).

19. Kuiper, A., Noteborn HPJM, Pai-

jenburg A:A.C.M. *Adequacy of methods for testing the safety of genetically modified foods.*, 1999; *The Lancet* 354: 1315-1316.

20. Editorial. *A golden bowl of rice.* *Nature Biotechnol*, 1999; 17: 831.

