

## FORO

Sesión Ordinaria: 11 de diciembre de 2008

### **FORO: "ALIMENTOS TRANSGÉNICOS Y SALUD"** **ORGANISMOS GENÉTICAMENTE MODIFICADOS EN LA ALIMENTACION HUMANA**

**Dr. Ernesto Bustamante Donayre, Ph. D. en Biología**

*Decano Nacional del Colegio de Biólogos*

El concepto de alimento transgénico no es tal cosa, lo que hay es producto de origen transgénico. Los alimentos pueden ser de origen transgénico y una forma más elegante de referirse a los alimentos transgénicos es con las siglas OGM u organismos genéticamente modificados. Como se habla de modificación genética quisiera explicar algunos conceptos básicos.

#### **Ingeniería Genética**

Es una herramienta principal de la Biotecnología Moderna, básicamente mediante ella se puede aislar genes, modificar genes, manipular la información presente en el ADN, en el ARN, en el genoma, en los genomas que hay en las células humanas, pero básicamente, yo diría que la herramienta fundamental de la Biotecnología Moderna es llamar a esto Ingeniería. La Ingeniería es la tecnología que permite cortar y pegar secuencias de ADN, es decir, uno puede cortar un segmento de ADN donde uno quiera y pegarlo donde uno quiera, esa tecnología ya existe.

Entonces entramos ahora al tema de lo que es el transgénico. Un transgénico u organismo genéticamente modificado trae su nombre del concepto de trans (mover) – génico o el gen que es transferido, pero en realidad el concepto de transgénico va más allá de simplemente transferir un gen de una especie a otra como es lo que habitualmente se le suele concebir, por ejemplo, un transgénico es aquel que tiene incorporado un gen extraño o es aquel que uno de sus genes ha sufrido modificación, por ejemplo: tiene más copias del mismo gen o menos copias o ninguna copia de ese gen o tiene suprimida la expresión genética de ese gen, sea porque se le introdujo un gen que a su vez expresa ciertos ADN que son capaces de suprimir la actividad del gen o porque hay una proteína que los suprime, en fin existen muchos mecanismos.

El concepto de transgénico no se restringe a lo que es precisamente transferir un ADN de una especie a otra. Hay que aclarar que extraño no es igual a indeseable,

aunque muchos quisieran que así tenga otra connotación. La transgénesis tiene uso en muchos aspectos de la actividad humana, por ejemplo, en la agricultura uno puede incorporar a plantas genes que proveen características deseables, como: resistencia a plagas, enfermedades, rendimientos más altos, producción de mejor calidad, mejor contenido nutricional, tolerancia a heladas, sequías, salinidad, acidez del suelo, etc.. Esto es importante porque muchas de estas plantas, aquellas que se cultivan mediante la tecnología conocida como agricultura tienen el propósito de generar alimentos. Ustedes saben que la agricultura tiene también como propósito generar cultivos, el único propósito no es generar alimentos.

En primer lugar quisiera decir que ya existen transgénicos en el Perú. Para demostrar que existen transgénicos en el Perú les voy a mostrar uno, éste es un transgénico; este billete contiene hebras de algodón transgénico y es transgénico porque aquellos que sembraron el algodón consideraron que era económicamente más ventajoso el sembrar un algodón de tipo transgénico.

Entonces, lo que se trata no es demostrar que la tecnología transgénica es buena o es beneficiosa para los agricultores, pero lo que sí se trata es de demostrar que los transgénicos existen en estos momentos en muchos aspectos de la vida diaria, por ejemplo: el alimento que se le da a los pollos es en el Perú de origen transgénico, el maíz y la soya que forman parte del alimento fundamental de nuestros pollos es básicamente transgénico, eso no hace a los pollos transgénicos. Hay quienes se preocupan de que quizá los genes o las proteínas expresados por estos genes que están en el maíz o en la soya que comen estos pollos puedan pasar a la carne del pollo y últimamente a la carne del ser humano. Para muchas personas es motivo de preocupación y de percepción equivocada respecto a cómo un transgénico podría afectar lo que es su salud.

El problema de los transgénicos no está en los billetes, ni en medicamentos y vacunas, como explicaré hay muchos

transgénicos; la controversia está en la agricultura y en sus productos y por extensión en aquellos alimentos de origen agrícola.

### ¿Por qué son importantes los OGM?

Porque podemos desarrollar organismos que expresan características fenotípicas, novedosas y útiles que normalmente no son halladas en esa especie. Aquí tenemos dos ejemplos: Un tomate de vida extendida; el otro ejemplo, una soya resistente a herbicida glifosato.

Hay una bacteria llamada *Bacillus Thuringiensis* que en realidad tiene muchas subespecies y variedades, que es capaz de expresar más de 200 tipos de proteínas que tienen una característica común y es que son proteínas insecticidas, son proteínas capaces de, por ejemplo, matar en el caso del algodón un tipo de parásito. Hay otro tipo de proteína que puede matar el parásito, por ejemplo, del maíz, y/o podemos buscar aquella proteína que sea capaz de eliminar el parásito que nos interesa eliminar y lo único que tenemos que hacer para ello es espolvorear un poquito nuestro cultivo con un extracto de esos *Bacillus* y lo que vamos a lograr es haber echado un insecticida, pero sólo que el insecticida habrá sido natural. Eso hacen aquellos que cultivan orgánicamente, echan polvo de *Bacillus Thuringiensis*, sin embargo, mediante la Biotecnología Moderna uno puede ser más específico y no echar todo el polvo conteniendo bacterias enteras y otras cosas más sino uno puede extraer un gen, el gen que a uno le interesa e introducirlo específicamente en la especie que uno quiere modificar genéticamente y conferirle a esa especie la capacidad, en este caso de poder resistir a un insecto que es un depredador específico a la planta en cuestión.

Siendo ésta la Academia Nacional de Medicina es importante resaltar que hay medicamentos genéticamente modificados en el Perú y en el mundo.

## MEDICAMENTOS GM EN EL MUNDO

### BIOFARMACÉUTICOS

- Factores de coagulación (Factor VIII y Factor IX)
- Agentes trombolíticos (Activador de Plasminógeno Tisular)
- Hormonas (Insulina, glucagon, somatotropina, gonadotrofinas)
- Factores de crecimiento hematopoyéticos (eritropoyetina, colony stimulating factors).
- Interferones (interferones- $\alpha$  -  $\beta$  -  $\gamma$ )
- Productos basados en interleukinas

(interleukina-2

- Vacunas (Antígeno de superficie –Hepatitis B) El Ministerio de Salud está aplicando directo al músculo deltoides.
- Anticuerpos monoclonales (Varios)
- Otros (TNF Factor de Necrosis Tumoral, enzimas terapéuticas)
- Vitamina C
- Aspartamo

### Usos

- Eritropoyetina – Tratamiento de anemia
- Interferon  $\alpha$  – Tratamiento de leucemia
- Interferon  $\beta$  – Tratamiento de esclerosis múltiple
- Anticuerpos monoclonales – Tratamiento de artritis reumatoide
- Colony stimulating Factors – Tratamiento de neutropenia
- Glucocerebrosidasa – Tratamiento de Enfermedad de Gaucher

### Animales de Experimentación Médica

- >3,000 variedades transgénicas de ratones en EE.UU.

En base al comportamiento de los tumores en estos ratones uno puede deducir aspectos importantes respecto al funcionamiento de estos genes que uno va suprimiendo o activando.

Los OGM que se cultivan comercialmente en los EE.UU., en la Argentina, en los países vamos a decir del Oeste, son básicamente 5 especies: La soya, el maíz, la canela, el algodón y la papaya. En China e India, además de estas cosas tienen todo tipo de organismos genéticamente modificados, unos de uso comercial, otros en uso investigacional, pero el hecho es que básicamente cuando se habla de alimentos genéticamente modificados en países como Perú, estamos hablando de alimentos de estos 5 tipos, salvo la papaya, pues la papaya peruana no es transgénica.

### PRODUCTOS BIOTECNOLÓGICOS BACTERIANOS Y ANIMALES

Esto es muy importante resaltar. Existen más de 250 enzimas y productos que utiliza la industria alimentaria (para procesar alimentos) que son de origen transgénico, por ejemplo, la Quimosina es una enzima que se usa para cuajar productos lácteos (quesos, yogures, leches). El gen procede de la levadura y se cosecha en bacterias

modificadas por ingeniería genética y el uso de la Quimosina reemplaza la enzima extraída de la ternera.

La hormona del crecimiento ST (Somatotropina).- Voy a poner 2 ejemplos: vacas y peces. En vacas se usa para incrementar la producción de leche, se usa el gen de la propia vaca, simplemente hay más número de este mismo gen en esta vaca. Y en el caso de peces: salmones, truchas y tilapia, en estos casos un país que es líder en investigación es Cuba aunque también ahora hay en EE.UU. próximamente para ser aprobados por el FDA. Lo que se trata es que estos peces puedan alcanzar un tamaño comercial en un menor tiempo, es decir, en vez que tome 9 meses o un año, tener un pez de tamaño vendible en la mitad de tiempo y eso significa menos gasto o ahorro. Y qué es lo que se está introduciendo? Simplemente más copias del mismo gen, en consecuencia, no se están introduciendo genes foráneos, simplemente modificándose genéticamente para la utilización de estos animales.

**Por qué hacer productos GM (transgénicos)?** Para:

- Abaratar costo de producción (Ej. Quimosina)
- Único método posible (Ej. Medicamentos)
- Conferir características genéticas de otra especie capaces de dar un beneficio competitivo. Ej.
  - Eliminar lepidópteros que parasitan maíz o
  - Hacer arroz que contenga incorporado un precursor de Vitamina A (beta-caroteno).
- Resistencia a fungicidas y herbicidas.
- Resistencia a stress biótico (bacterias, insectos, virus).
- Resistencia a stress abiótico (heladas, salinidad, acidez. En casos de acidez se sabe que en suelos muy ácidos, el aluminio se acumula en la planta y el aluminio es un metal tóxico. Entonces cuando se siembra una planta en un suelo ácido se tiende a cosechar un fruto o un grano que pueda tener un exceso de este metal tóxico (aluminio).
- Aceleración de la maduración.
- Retardo del proceso de maduración y putrefacción.
- Conferir un mejor color (claveles, tomates) porque hace mas apetecibles los productos.

Se puede introducir genes que produzcan ácido cítrico, por ejemplo, y este ácido cítrico va a pelar el aluminio y por tanto va a impedir que este aluminio este libre como para causar un efecto nocivo.

¿Cómo introducir el ácido cítrico?. Introduciendo las enzimas que van a hacer acumular el ácido cítrico en estas plantas. Estamos utilizando Tecnología Transgénica para mejorar la calidad del alimento.

**¿Cómo se hace un OGM?:** Cassettes para transgénesis

Contienen:

- 1.- Gen de interés
  - \* Exon y sus elementos de control de expresión
- 2.- Marcador de selección
  - \* Distingue plantas transformadas
- 3.- Secuencia de inserción
  - \* Ayuda a la inserción de ADN de Agrobacterium

Lo que se coloca es un grupo o una secuencia de ADN que no es necesariamente un gen, lo que se coloca en un **constructo** y lo que se agrega es básicamente un cassette que contiene en un inicio los exones, o sea, la porción de ADN que codifica para el gen de interés nuestro, y los elementos de control de expresión, o sea, lo que se llama el promotor y el terminador, de manera que pueda expresarse el gen de interés. Además se puede colocar un marcador de selección que en experimentos originales solía ser un gen de resistencia a un antibiótico.

Hoy en día eso ha sido superado, sin embargo, lo he mencionado porque es una de las críticas que se hace a los alimentos de origen transgénico, que puedan generar resistencia a los antibióticos.

**¿Cómo se hace una planta transgénica?**

Simplemente se incorpora el gen en un plásmido que es un pedazo circular de ADN bacteriano y esto se puede meter de 2 maneras en las plantas: o vía una bacteria que es el Agrobacterium tumefaciens o disparándole lo que se llama la pistola de genes, en que se cubre el ADN con partículas microscópicas de oro o de tungsteno y se disparan estos plásmidos recubiertos con un dispositivo especial. Se siembran todas las plantas infectadas o historiadas en un suelo que contenga un antibiótico. Como hemos agregado simultáneamente al gen de interés un gen de resistencia a este antibiótico, sembramos con antibiótico sólo las plantas que contienen el gen de resistencia al antibiótico (y por ende nuestro gen de interés) son las plantas que sobreviven.

Esta es una tecnología ambigua que llegó a utilizar esto como crítica en el sentido de que los alimentos transgénicos llevan resistencia a los antibióticos porque

ésta es la forma en que se generan los transgénicos. Ahora voy a explicar que esto no es así.

**¿Qué genes se suelen introducir?** – Genes de bacterias como:

- Bacillus thuringiensis
- Agrobacterium tumefaciens
- Escherichia coli (N variedades)
- Virus del mosaico de la coliflor
- Virus del anillado de la papaya
- Pseudomonas
- Petunia Hybrida
- Nicotiana tabacum
- N especies

La especie que uno quiera, pero éstos son los que generalmente se suelen introducir. La tendencia hoy en día es utilizar gen de la misma especie, por ejemplo, hoy en día para hacer papas resistentes a las heladas se utiliza un gen de una papa nativa, esas papas chiquitas que nadie quiere comer, amargas. Sucede que alguna de ellas son resistentes a las heladas, se puede tomar el gen de esa papa y ponerla en la variedad, vamos a decir, Canchan (que es la que comemos nosotros) y hacer que esa papa sea resistente a la helada. Esta es otra tecnología POSITECH.

### TECNOLOGÍA POSITECH

Reemplaza a genes “marcadores de resistencia a antibióticos o herbicidas con un gen capaz de conferir capacidad para metabolizar manosa, así ya no se puede temer que la resistencia antibiótica de la bacteria pueda pasar inadvertidamente al ganado o a los humanos alimentados con alimentos de origen GM.

**¿Qué daño podría concebiblemente causar un alimento transgénico?**

- Introducción de alérgenos. Se suele decir que los alimentos de origen transgénicos producen alergias; otra cosa que se suele decir es que la introducción en humanos o en sus bacterias de genes de resistencia antibiótica pueden ser nuestros huéspedes en el aparato digestivo. El temor a esto está eliminado porque el gen de resistencia antibiótica ya no acompaña a los organismos de origen transgénico.
- Hacer más ineficiente aún la agricultura de países del tercer mundo (0 es al revés?), pero eso no es así, sino todo lo contrario.

- Alteración de micro y macrosistemas.
- Introducción de toxinas vegetales. Contrariamente a lo que unos piensas el ADN no se introduce en humanos o animales que lo ingieran. En varias ocasiones les he preguntado a periodistas: ¿Ud. Alguna vez ha comido ADN?. No, como proteínas, carbohidratos, lípidos. Pero en nuestros alimentos hay ADN. El ADN es parte de los seres vivos, pero esos genes que están en el ADN no llegan a nuestros flujos sanguíneos, ni a nuestras células, menos van a ser digeridos en nuestro aparato digestivo, no hay forma que el ADN completo pueda absorberse por la pared intestinal. Eso no existe, sin embargo, esa es una concepción equivocada, que la proteína o el ADN que se ha introducido para modificar genéticamente la planta, pueda, vía el alimento, pasar al ser humano o al ganado que está comiendo esa planta, y para esto quisiera decir que si se tratase de genes que provienen del virus de Ebola, yo sí me preocuparía, o si se tratase del virus del HIV, por ejemplo, si se ha introducido el virus del HIV en el maíz ¿cómo me lo voy a comer?, me daría asco. Pero los genes que se introducen en estas variedades comerciales son genes que provienen de bacterias del suelo: Bacillus thuringiensis, Agrobacterium tumefaciens, son bacterias del suelo, son bacterias que igual las vamos a comer con el alimento mal lavado o el alimento orgánicamente cultivado al que se le ha echado polvito de bacillus thuringiensis; en realidad el concepto de que estamos ingiriendo genes externos es falaz, porque en el alimento transgénico el gen está metido en el genoma de la planta, lo mismo es que este genoma esté dentro de la planta o fuera, es una proteína inocua, como lo es el propio gen. Todos estos estudios de inocuidad y de no daño no se hacen sólo en el laboratorio sino se hacen mediante un procedimiento de bioseguridad que toma años.

Hay una serie de filtros de seguridad (diversidad de pruebas o fases antes de salir al mercado) que impiden que un producto nuevo salga al mercado, así tenga un gen que ya es conocido que no hace daño, pero por ser solo un organismo diferente hay que hacer los experimentos otra vez y se prueba que no causen alergias, daño a la salud.

### RESPECTO A LAS ALERGIAS

Las causas frecuentes de alergias en humanos son en un 90% alimentos: leche de vaca, huevos, pescado, conchas, mariscos, nueces, trigo, leguminosas, maní, soya (GM y

no GM). Hasta ahora no se ha demostrado daño, es decir, la alergenicidad está en el alimento, no está en el hecho de que sea genéticamente modificado.

No hay ningún estudio que demuestre lo contrario y siempre se hacen los estudios de alergenicidad antes de permitir que se expendan los alimentos de origen transgénico, que pase a la alimentación humana o animal, es parte del protocolo de bioseguridad.

Es importante hablar de la soya porque es un insumo que se usa fundamentalmente para alimentación de animales. En humanos no se suele ingerir como alimento directamente pero se usa como base para preparar alimentos procesados, básicamente lecitina de soya.

En consecuencia muchos de los alimentos procesados que se venden en los supermercados tienen elementos de origen transgénico, ejemplo: Mayonesa, cereales, caramelos, aceite de cocina, margarina, salsas de ensaladas, cremas para café, cerveza, levaduras, galletas, Programa del vaso de leche. Esto es: 90% de la leche de vaca en polvo y 10% de leche de soya; la soya proviene de Argentina (98% soya transgénica, EE.UU. 75% o Brasil 95% de soya transgénica).

Los alimentos procesados contienen ingredientes que a su vez provienen de organismos transgénicos pero eso no los hace transgénicos.

### ALIMENTOS INDISTINGUIBLES

No es posible identificar el ADN insertado o la proteína expresada.

- Carne y leche de animales alimentados con pienso GM, ejemplo: Los pollos peruanos comen maíz y soya GM importada de Argentina, Brasil y EE.UU. Uno analiza la carne, la pata, el pico, y no va a encontrar ni el ADN, ni la proteína expresada por ese ADN que está originalmente en la soya o en el maíz que comieron esos pollos.
- Jarabes de glucosa y fructuosa
- Vitamina C producida por microorganismos GM.

Uno puede tomar el aspartato, uno puede hacer análisis para buscar el ADN o buscar proteínas y no hay. La Vitamina C es ácido ascórbico por definición, lo que se ha hecho es buscar tecnología transgénica como método de producción, pero eso no hace transgénica a la Vitamina C.

El origen transgénico es solamente el método de producción, pero uno no debe discriminar un alimento de otro en base a su método de producción.

### ALIMENTOS SUSTANCIALMENTE EQUIVALENTES

Hay otros alimentos en cambio donde si es posible identificar el ADN insertado o la proteína expresada, pero las características nutricionales y la composición química se mantienen intactas, a estos alimentos se les llama sustancialmente equivalentes. La modificación genética no modifica el alimento sino incorpora características agronómicas al cultivo de origen. Ejemplo: granos, harinas y frutos de plantas GM (genéticamente modificados). Ejemplo:

Almidón, Lecitina, aceites de materia prima (maíz, soya, canela) pero aceites crudos; el aceite de soya del supermercado no contiene ni ADN ni proteína que estaba en la soya de donde se extrajo el aceite.

Los alimentos distinguibles son los que tienen una característica beneficiosa de valor, por ejemplo: El alimento que tiene la Vitamina A en exceso; hay un tipo de arroz que se puede producir con enzimas que incorporan la vía metabólica para la síntesis de Beta-caroteno, esto resuelve un problema médico importante que es la ceguera infantil.

Hay países donde no se puede administrar la Vitamina A en pastilla, entonces lo que se usa es arroz que contiene el beta-caroteno de la zanahoria, pero eso es distinguible y remarcable y eso es importante señalar porque es una característica adicional, como por ejemplo lo sería el caso de la planta que contenga los genes que previenen acumulación de aluminio, o yuca que pueda tener exceso de zinc, lo que es bueno, o yuca que tenga proteínas de valor nutricional importante. Esos serían alimentos sustancialmente equivalentes y distinguibles además.

### EQUIVALENCIA

Hay lo que se llama equivalencia. La OMS declaró que los alimentos GM actualmente en el mercado son indistinguibles o equivalentes desde el punto de vista nutricional y tan seguros como sus contrapartes convencionales. Lo dicen:

- FAO, OMC, OECO, USNAS, ANM de Francia, China, Brasil, etc. y muchas instituciones científicas y maestros científicos reputadísimos. Nadie ha podido demostrar lo contrario.

## BIOSEGURIDAD

Muchas hipótesis hay, muchos temores que provienen de los años 90 fundamentalmente, de los 80 y de los 90, pero hoy en día ya casi en el 2009, hasta ahora nadie ha podido demostrar que haya un problema de salud relacionado con los alimentos de origen transgénico.

Sólo para que vean, ésta es soya cultivada transgénica y aquí está la soya muerta que no tiene el gen de resistencia a un pesticida que usan los agricultores para eliminar las malezas. Esto es bueno para el agricultor y por tanto la soya es de origen transgénico, no porque uno le quiera meter un gen de bacteria por gusto, sino que cuando uno cultiva soya le crecen malezas, pero si usamos herbicida ello matará no sólo la maleza sino además la soya, entonces lo importante es incorporar un gen que permita que esta soya resista al herbicida, beneficiándose así el agricultor en su cultivo.

## ARROZ DORADO

La vía del beta-caroteno en plantas, normalmente hace que, salvo en la zanahoria, no se produzca beta-caroteno porque le faltan las enzimas básicas. Pero en el arroz dorado se puede incorporar genes de la vía metabólica del beta-caroteno, genes bacterianos fundamentalmente y también de la zanahoria, que pueden permitir finalmente que el beta-caroteno sea producido en el arroz y entonces uno pueda tener un arroz de color dorado que va a alimentar y obtengan la vitamina que va a impedir que se produzca la ceguera infantil.

En suma, lo que quiero decir entonces es que los alimentos de origen transgénico son tan seguros como los alimentos de origen no transgénico, es decir, como aquellos obtenidos de manera convencional. Eso se debe a que son sometidos a estudios rigurosos de bioseguridad que exige la ciencia para certificar que los alimentos son beneficiosos, inocuos y no son dañinos para la salud.

Muchas gracias