

# Alimentos transgénicos. Fundamentos científicos

Teresa Herrera López<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Nutricionista. Encarga de la oficina de difusión científica IIDENUT.

Email: teresa.herrera@iidenut.com

Capacidades adquiridas: Al finalizar el artículo, los lectores podrán:

- a. Conocer las características del ADN y su papel en la obtención de los alimentos transgénicos.
- b. Definir exactamente lo que son los alimentos transgénicos y/o alimentos modificados genéticamente.
- c. Decidir por las ventajas o desventajas de su utilización.

**Palabras claves:** *alimento, ADN, gen, transgénico, biotecnología, ADN recombinante*

---

## Resumen

La biotecnología moderna es la ciencia que investiga y manipula genéticamente los sistemas biológicos mediante la tecnología del ADN recombinante. La biotecnología tradicional es la ciencia que se ha venido practicando durante siglos mediante la selección y la reproducción natural de especies.

En la búsqueda de producir mejores cultivos y mejores alimentos, dándoles ciertas características tales como resistencia a las plagas, tolerancia al calor, al frío, a las sequías, rendimientos más altos, mejorar el sabor o darles mayores nutrientes; los científicos han logrado insertar genes deseables no solo de una misma especie o de plantas muy emparentadas, sino genes de otros organismos muy diferentes al organismo aceptor. Esta es la llamada tecnología transgénica que permite trasladar copias de genes con características específicas de un organismo a otro organismo muy distinto que entonces tendrá estas nuevas características.

Los consumidores finales, los principales destinatarios de esta tecnología, tienen derecho a una mayor protección (a través de información objetiva) para poder decidir sobre la utilización o no de estos alimentos. De llegar a demostrarse que es una tecnología realmente inocua, ésta podría salvar del hambre a la creciente población mundial, promoviendo el suministro de alimentos de alta calidad, mejorando su valor nutritivo. Aunque los científicos traten de desarrollar técnicas para asegurar la vida sobre la tierra, solo queda aseverar que "la vida siempre se abrirá paso por sí sola".

---

## Introducción

Es común en estos días hablar de alimentos transgénicos, sin embargo, cabría preguntarse ¿sabemos realmente de qué estamos hablando? Probablemente, la gran mayoría no tenga una idea clara, en parte por la poca información que existe en los medios sobre el tema y sobretodo porque la información más importante solo la tienen los dueños de esta tecnología. El tema es apasionante, no hay duda, y a la luz de los debates recientes es más que polémico (tabla No 1), no obstante, para

poder hablar con propiedad del mismo es necesario recordar conceptos básicos relacionados con el ADN y la genética, pilares fundamentales de esta tecnología. Por lo tanto, el presente artículo no pretende abarcar todos los aspectos relacionados con el tema, ni dar una opinión a favor o en contra; tan solo busca informar y explicar dentro del área biológica y biotecnológica, en que consiste un alimento transgénico y su relación con la nutrición.

Como punto de partida, debemos ubicarnos 10000 años atrás en el tiempo, en los finales del nomadismo. Cuando el hombre se asienta, inicia un proceso paulatino de mejora de su incipiente agricultura y con ello el afán de conseguir mejores cultivos, mejores cosechas, así como modificaciones de los animales de cría y sus productos. Observa que algunos frutos poseían rasgos deseables como mayor tamaño, dulzor, carnosidad, entre otros, y se da cuenta que si sembraba las semillas de los frutos más atractivos o las mezclaba mediante polinización cruzada, podía obtener productos de mayor calidad, perfeccionando el sabor, el tamaño y hasta la forma, algo que además, también podía aplicarse a los animales para su consumo.

Sin saberlo, el ser humano estaba modificando genéticamente sus alimentos, tanto de origen vegetal como animal. Con el transcurrir de los años, de la misma forma que empezaron a cultivar o producir mejoras en sus alimentos, los pobladores aprendieron a usar por primera vez las bacterias para preparar nuevos alimentos y a emplearlos en procesos de fermentación para preparar vino, cerveza y pan con levadura. En esta oportunidad aquellos pobladores no sabían que estaban dando inicio a la futura biotecnología, aquella que ahora permite llevar al cabo de pocos años y en forma controlada modificaciones que antes costaban muchas décadas de trabajo (tabla No 2)

**Siglo XVIII** Los naturalistas identifican plantas híbridas (cruce de variedades) por primera vez.

**1856** Gregor Mendel inicia, en plantas, el estudio de caracteres específicos heredados.

**1861** Luis Pasteur funda la microbiología y Buchner investiga la capacidad de las enzimas, extraídas de las levaduras, de convertir azúcar en alcohol.

**1900** Los botánicos europeos usan las Leyes Mendel para mejorar especies de plantas lo cual marca el inicio de la selección y las mejoras clásicas.

**1928** Fleming descubre la Penicilina y sienta las bases para producir antibióticos a gran escala.

**1950** Primera generación de plantas procedentes de un cultivo in Vitro.

**1953** James Watson y Francis Crick postula el modelo de doble hélice del ADN y establecen las bases moleculares para los estudios transgénicos posteriores.

**1973** Científicos desarrollan la habilidad de aislar genes y códigos específicos de genes para proteínas específicas.

**1980** Los científicos descubren cómo transferir fragmentos de información genética de un organismo a otro, permitiendo la expresión de caracteres deseables en el organismo receptor. Este proceso es llamado ingeniería genética y es uno de los que utiliza la biotecnología.

**1982** La primera aplicación comercial de esta tecnología es producción de insulina humana para el tratamiento de la diabetes.

**1983** Se produce la primera planta mejorada genéticamente, una planta de tabaco con resistencia a un antibiótico.

**2002** Se presentó la secuencia completa del genoma (ADN) del arroz.

**Tabla No 2.** Eventos históricos en el desarrollo de la biotecnología

- ✓ ¿Están los científicos modificando la naturaleza?
- ✓ ¿Pueden dañar el medio ambiente?
- ✓ ¿Los necesitamos realmente?
- ✓ ¿Se podría producir alguna mutación genética en el ser humano por ingerir estos alimentos?
- ✓ ¿Se están considerando los riesgos potenciales para la salud humana y para el medio ambiente?
- ✓ ¿Existe la seguridad de que un gen que cumple una determinada función en una especie, lo haga de la misma manera en otra especie?
- ✓ ¿Es necesario recurrir a esta tecnología para mejorar las características nutricionales que las que tienen las especies tradicionales?
- ✓ Las empresas insisten que es una tecnología muy segura, sin embargo hay científicos que están a favor y otros en contra.
- ✓ Tal vez estos alimentos pueden ser nuestro futuro, si pensamos en que podríamos tener alimentos que tendrían sus propios medicamentos o sus propios pesticidas o alimentos que crezcan y se desarrollen en un menor tiempo.
- ✓ ¿Sería esta razón suficiente para permitir la contaminación genética de alimentos tradicionales?
- ✓ ¿Están los científicos preparados para absolver todas estas interrogantes?

**Tabla No 1.** Interrogantes que surgen a partir del uso de alimentos transgénicos

## Bases genéticas

Todas las células, desde las que constituyen organismos unicelulares hasta las que forman parte de organismos pluricelulares complejos, contienen genes (segmentos de ácido desoxirribonucleico - ADN) organizados a su vez en cromosomas. Cada uno de estos genes determina una cualidad hereditaria, por lo tanto el conjunto de genes, al pasar de una generación a la siguiente, determina todas las características hereditarias. En general cuanto mas complejo es un organismo, su genoma o conjunto de genes es mucho mayor; así en una bacteria solo hay un cromosoma, mientras que en el ser humano existen 23 pares de cromosomas con unos treinta mil genes (1).

En el cuerpo existen alrededor de treinta millones de células y dentro del núcleo de cada una de estas células hay 46 cromosomas y cada cromosoma es una larga cadena enroscada de ácido desoxirribonucleico (ADN) (Fig. No 1).

Cuando un cromosoma se despliega, su estructura es como la de dos hebras

compuestas cada una por largas cadenas poliméricas que forman a su vez una doble hélice, estas hebras se unen por cuatro tipos de bases nitrogenadas, las púricas (adenina o guanina) y las pirimídicas (timina o citosina) logrando mantenerse unidas por medio de puentes de hidrógeno (Fig. No 2).

El ADN es el archivo donde se encuentran las características de cada especie, como por ejemplo, el color de ojos, el sabor de una fruta o la predisposición a alguna enfermedad.

El ADN comprende cerca de treinta mil genes y controla, a través de la síntesis de proteínas, cada aspecto de la función celular. Recordemos que un gen es un tramo de ADN que contiene información para fabricar una sola proteína y como se explico anteriormente, este se encuentra dentro de los cromosomas en el núcleo de cada célula. (Fig. No 3). Una particularidad extraordinaria del ADN es que un segmento de éste, es decir un gen, puede ser leído por cualquier ser viviente sobre la tierra (2).

La información genética almacenada

en la secuencia de nucleótidos del ADN, llamado también genoma, sirve para dos propósitos: proporcionar información heredada a las células hijas o a los descendientes para preservar a la especie, asegurando la transmisión de los genes; y, ser la fuente de información para la síntesis de todas las moléculas de proteína tanto de la célula como del organismo (3).

## **Biología del ADN o tecnología transgénica.**

Los grandes avances que se han ido obteniendo en el campo de la biología aplicada a la industria alimentaria durante las últimas décadas, han permitido la creación de un nuevo tipo de alimentos, los llamados alimentos transgénicos o recombinantes. La palabra "transgénico" proviene de dos raíces, "trans" (cruzar de un lugar a otro) y "génico" (referido a los genes) y por definición un alimento transgénico es aquel que se obtiene a partir de vegetales, animales o microorganismos a los que se les ha introducido algún tipo de modificación en su material genético, con el fin de obtener una mejora con respecto al alimento tradicional (1).

En realidad hay mucha controversia respecto a la definición exacta de lo que es un alimento transgénico. Cabe mencionar, que para algunos autores se habla de alimento transgénico cuando éste ha sido manipulado genéticamente sin importar la técnica. Sin embargo otros autores solo le llaman alimento transgénico a aquel que incluye transferencia de genes entre especies no relacionadas (de bacterias a plantas, o de peces a plantas, etc.), sufriendo alteraciones en su código genético. Como resultado de esta transferencia de genes, un organismo genéticamente modificado puede desarrollar propiedades que no poseía de forma natural. El gen insertado le dará características deseadas a ese ser. Quiere decir que los alimentos transgénicos jamás existirían en la naturaleza sino fuese por la interferencia humana.

La necesidad de mejorar los alimentos gira en torno a los atributos relativos a la producción y a la calidad final. Siendo atributo cualquier propiedad fenotípica detectable de un organismo animal o vegetal. Los atributos de producción son propiedades valoradas por los productores de cultivos en el campo o en la granja, como resistencia a las plagas, a los herbicidas, o rendimiento y características de la cosecha, trayendo beneficios a los productores y agricultores. Mientras que los atributos de calidad final probablemente son apreciados por los consumidores como son mejor calidad proteica, modificación del perfil de ácidos grasos, mejor perfil de nutrientes, mejor sabor, cambios en la textura y reducción en los factores antinutricionales (4, 5).

Por ahora, prácticamente todas las aplicaciones de la tecnología transgénica son orientadas a los atributos de producción; vale decir, a las aplicaciones desarrolladas en plantas que resistan a virus, a insectos, que toleren herbicidas, en cultivos resistentes a bajas temperaturas, en el control de la maduración, entre otros (6).

Finalmente la Organización Mundial de la Salud frente a tanta controversia a definido a los alimentos transgénicos de esta manera: "...Cuando un organismo recibe genes de otros de su propia especie, este es considerado alimento genéticamente modificado; cuando la transferencia de genes es entre especies diferentes, además de genéticamente modificados son también transgénicos...". (7)

### **Intercambio genético**

Como hemos explicado anteriormente, la diferencia entre la biología que siempre ha existido y la actual, radica entre otras cosas en que esta última es una tecnología de invasión celular. Gracias a ella, por ejemplo, se podría invadir la célula de un tomate con el gen de un pescado de aguas frías (por tanto resistente a las bajas temperaturas) para que el primero resista las heladas.

Pero, ¿Cómo el gen de un pescado puede llegar a un tomate? Para hacer esto, es decir,

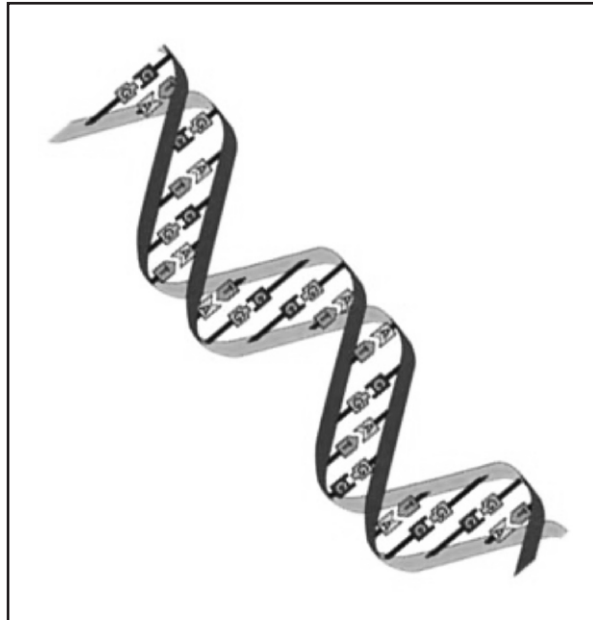


Fig. No 1. Estructura del ADN (tomada de: [www.unad.edu.co/curso.../cromosomas.html](http://www.unad.edu.co/curso.../cromosomas.html))

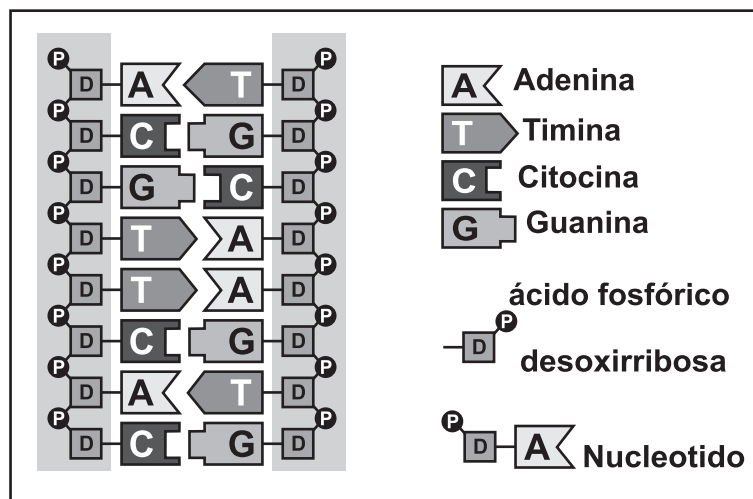


Fig. No 2 Estructura general de un segmento de ADN (tomada de: [www.unad.edu.co/curso.../cromosomas.html](http://www.unad.edu.co/curso.../cromosomas.html))



invadir células, lo mejor que se puede utilizar son los virus y las bacterias. Todos los organismos, desde una bacteria hasta un mamífero tienen un ADN con similar estructura y con igual sistema de colocación de las bases nitrogenadas. Por lo tanto teóricamente es posible transferir genes que determinen características específicas de una especie a otra, sea un microorganismo, un vegetal o un animal; constituyendo así un organismo transgénico. Quiere decir que todas las células vivas de la tierra, sin ninguna excepción, pueden leer, copiar e interpretar correctamente la información de cualquier molécula de ADN (3).

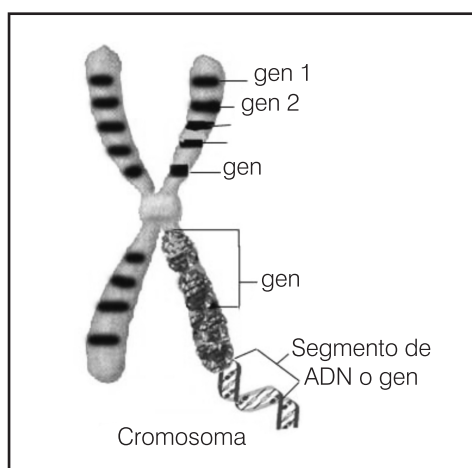
El método más usado es aquel que quita un gen seleccionado de ADN de una célula donante de un organismo (que codifica una proteína determinada, la cual establece una característica deseable) y lo introduce en el ADN de una célula receptora de otro organismo, que no tiene innatamente esa característica, formándose finalmente un ADN<sup>r</sup> que ahora porta la nueva información (4).

El corte de este gen seleccionado se hace por medio de unas enzimas de restricción que reconocen y cortan las moléculas de ADN en lugares específicos de la secuencia nucleotídica, luego el gen aislado es colocado en una molécula de ADN receptora, precisamente en el lugar que ha sido cortado por la misma

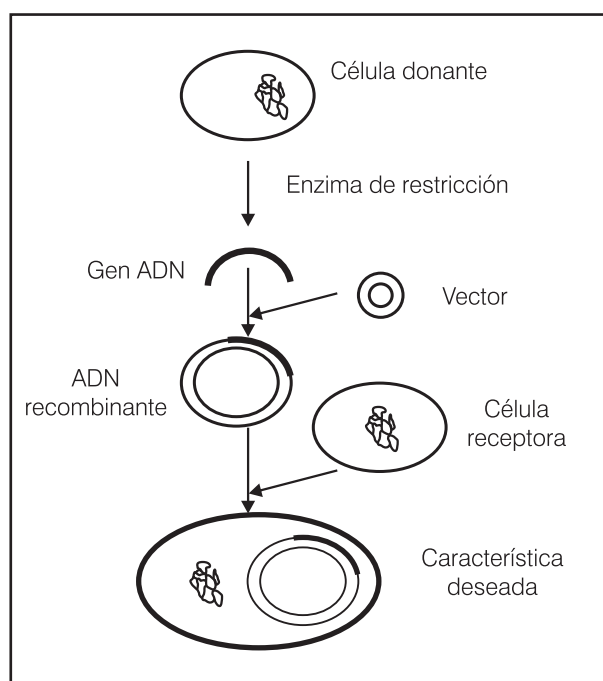
enzima; así se obtiene un nuevo ADN, denominado recombinante. (Fig. 4). Sin embargo esta misma tecnología aplicada en el ARN mensajero (ARN<sup>m</sup>) suele ser más viable debido a que es mucho más fácil identificar genes a partir de pequeñas moléculas de ARN<sup>m</sup> que de una gran cadena de ADN.

Si esta secuencia de ADN seleccionada solo fuera insertada en un organismo receptor, este no tendría ningún efecto, debido a que las células rechazan naturalmente un ADN foráneo. Es entonces que se desarrolla un método usando vectores que pueden ser bacterias o virus, creando una nueva molécula de ADN (gen elegido + vector), ésta es la que se introduce finalmente en la célula receptora, donde aquella puede expresarse y duplicarse.

Hay otros dos métodos utilizados para introducir el ADN manipulado en el núcleo de las células: Uno consiste en aplicar corriente eléctrica para crear agujeros en la membrana celular y se vuelve vulnerable a la filtración del ADN foráneo y el otro método es la pistola de genes que dispara a gran velocidad partículas de oro o tungsteno cubiertas con ADN modificado a las células. Cada uno de estos métodos necesita un gen promotor que es generalmente extraído del virus del mosaico de la coliflor.



**Fig. No 3.** Estructura de un cromosoma (tomada de: [www.unad.edu.co/curso.../cromosomas.html](http://www.unad.edu.co/curso.../cromosomas.html))



**Fig. No 4.** Esquematación de la producción de una proteína específica por una célula originariamente no productora.

## Cronología del desarrollo de los alimentos transgénicos

La historia de los alimentos transgénicos tiene muy pocos años, sin embargo, esto no ha impedido que su desarrollo sea vertiginoso. Las primeras investigaciones sobre alimentos modificados genéticamente para su aplicación en la agricultura se iniciaron en China a comienzos de los años 80. Aproximadamente 12 años después lograron obtener la primera cosecha resistente a virus. Posteriormente otros países tomaron la posta de las investigaciones, como EEUU, Suiza y Canadá. Sin embargo, ha sido Monsanto, la mayor empresa productora y comercializadora de agroquímicos en el mundo la que más ha impulsado esta tecnología.

El primer hito en el desarrollo de alimentos transgénicos se da en Francia en el año 1938, cuando se logra desarrollar el primer bioinsecticida alternativo a los pesticidas químicos como el DDT. Se descubre que la

bacteria *B. thuringiensis* (hallada en África) producía, al esporular, una toxina que dañaba el tubo digestivo de la oruga que ocasionaba la enfermedad llamada "taladro del maíz"; los insectos que consumían los cultivos fumigados con estas esporas morían cuando la toxina se activaba en el pH alcalino de sus tubos digestivos. Lamentablemente, estas esporas también eliminaban insectos beneficiosos para la tierra y producían intoxicaciones y problemas pulmonares en los agricultores, de modo que estos empezaron a dejar de adquirir este producto.

Monsanto, que había incursionado en los negocios agroquímicos desde 1976, decide sumarse a la carrera biotecnológica en el año 1981 debido a la caída significativa de sus ventas de bioinsecticidas. Seleccionan el gen de la bacteria *B. thuringiensis* y lo introducen en una planta de maíz mediante la tecnología del ADNr, obteniendo finalmente un maíz con su propio insecticida, capaz de eliminar a la oruga que lo atacaba. Para finales de los 90s, se producen las primeras semillas transgénicas,

es decir, modificadas genéticamente. Actualmente en el mundo existen más de 100 millones de hectáreas de plantaciones transgénicas y Monsanto controla el 90% de la producción mundial.

## Consideraciones Nutricionales

El estado nutricional de las personas depende finalmente de la cantidad y calidad de los alimentos, expresada está última característica en función de la biodisponibilidad de nutrientes de los mismos. Son justamente estos factores los que se podrían alterar con la aplicación de las técnicas del ADNr. La búsqueda de cultivos más resistentes podría estar introduciendo cambios en el contenido nutricional de los alimentos, aunque, también es cierto que estos cambios siempre se han dado de forma natural.

Hasta el día de hoy, la mayoría de estudios se han centrado en los "atributos de producción" con el objetivo de aumentar la protección de los cultivos, la eficiencia, el rendimiento y la rentabilidad de la producción (4). Sin embargo, el objetivo de mejorar el contenido nutricional de macro y micronutrientes es muy lento. Sabemos que las legumbres son deficitarias en metionina y que los cereales lo son en lisina y treonina, esta tecnología del ADNr puede introducir cambios favorables en los perfiles aminoácidos de estos; por ejemplo se logró transferir el gen de la nuez del brasil que tienen una alta cantidad de metionina a la soya, pero la soya al codificar la secuencia genética, también codificó el gen alergeno principal de la nuez; el problema de transferir ciertos genes para mejorar la calidad aminoácida es que codifica también a los genes alergenos. En cuanto a los lípidos se ha logrado que la soya pueda codificar genes que llevan un alto contenido de ácido graso oleico y que pueden ser procesados a productos oleosos que no requieren hidrogenación y por consiguiente no contienen ácidos grasos

trans<sup>5</sup>. En relación a los carbohidratos se están haciendo esfuerzos para modificar la relación amilasa : amilopectina, el grado de ramificación y la longitud de la cadena. Todos estos estudios están aún en pruebas.

Respecto a los micronutrientes, debemos decir que hay mayor avance como un arroz que puede expresar beta-caroteno en el endosperma o los tomates con mayor cantidad de licopeno y beta-caroteno. La mayor parte de los animales transgénicos para uso como alimento están todavía en etapas iniciales.

La biotecnología del ADNr tiene muy pocos años de práctica, por consiguiente, aún falta mucho por descubrir. Esto hace que sea un tema polémico, sobre todo porque aun no se conocen los efectos beneficiosos o nocivos que los alimentos transgénicos podrían tener en el organismo. Que no se haya demostrado actualmente por ningún estudio científico confiable evidencias de efectos nocivos, no significa que estos puedan ser definitivamente descartados. Actualmente, uno de los principales riesgos derivados del consumo de alimentos transgénicos para la salud humana, son las alergias que "...pueden ser leves como un dolor de estomago o severas como un "shock anafiláctico...", Además, los alimentos transgénicos podrían originar afectaciones en el sistema digestivo y el sistema inmunológico (8)

En conclusión, los consumidores finales tienen derecho a una mayor protección e información al momento de adquirir alimentos transgénicos, para poder decidir sobre su consumo o no. De llegar a demostrarse que es una tecnología realmente inocua, ésta podría salvar del hambre a la creciente población mundial, promoviendo el suministro de alimentos de alta calidad y mejorando su valor nutritivo. Aunque los científicos traten de desarrollar técnicas para asegurar la vida sobre la tierra, solo queda aseverar que "la vida siempre se abrirá paso por si sola".

## Referencias Bibliográficas

1. Mataix Verdú, José, Nutrición y Alimentación Humana, Volumen I. Edit. Océano. 2003. Barcelona España.



2. Cruz, Robinson. De la biología a la Biología Molecular: Entendiendo la Nutrición Molecular. En Fundamentos de la Nutrioterapia. 1ª ed. Perú: 2007
3. P. Anthony Well, Daryl K. Granner. Estructura y función de los ácidos nucleicos: En Murray, Granner, Rodwell: Harper Bioquímica Ilustrada. 27ª ed. México.
4. Fogg-Johnson y Alexander Merolli. Biotecnología de los alimentos: consideraciones nutricionales. En: Bowman B, Russel R: Conocimientos Actuales sobre Nutrición. 8ª Ed. Washington: OPS-ILSI
5. Astiasaán Anchía, Martínez Hernández. Alimentos ecológicos y transgénicos. En: Alimentos, Composición y Propiedades. 2ª Ed. McGraw-Hill – Interamericana de España, S. A. U.
6. Riechmann, Jorge. Cultivos y alimentos transgénicos una guía práctica Edit. De la catarata. Barcelona – España. 2000
7. WHO, Food Safety Programme, 20 Questions on genetically modified (GM) foods, 2002
8. Doctor Arpad Puztai, Conferencia en Balague, 1998

### Lecturas Sugeridas

1. Biotecnología moderna de los alimentos, salud y desarrollo humano: estudio basado en evidencias. Departamento de Inocuidad de los Alimentos. OMS 2005  
En: [www.who.int/foodsafety/publications/biotech/biotech\\_sp.pdf](http://www.who.int/foodsafety/publications/biotech/biotech_sp.pdf)
2. Instituto de biotecnología de la universidad nacional agraria la Molina  
[www.lamolina.edu.pe/institutos/.../biotecnologia.html](http://www.lamolina.edu.pe/institutos/.../biotecnologia.html)
3. Alimentos Transgénicos: Incertidumbres y Riesgos Basados en Evidencias  
[iis.ucr.ac.cr/.../tlc/doc.../2006Herbertetal-Alimentostransgenicos.pdf](http://iis.ucr.ac.cr/.../tlc/doc.../2006Herbertetal-Alimentostransgenicos.pdf)