

Determinación de las diferencias entre los alimentos orgánicos y transgénicos: una mirada desde su composición nutricional y sus políticas de calidad

Trabajo de grado para optar por el título de Especialista en Alimentación y Nutrición

Andrés Felipe García Correa

Asesor:

**Beatriz Estella López Marín
Nutricionista Dietista
Magister en Ciencias Farmacéuticas y Alimentarias**

**Corporación Universitaria Lasallista
Facultad de Ingeniería
Especialización en Alimentación y Nutrición
Caldas - Antioquia
2015**

Tabla de contenido

Lista de tablas	4
Resumen	5
Introducción	6
Objetivos.....	9
Objetivo general	9
Objetivos específicos.....	9
Marco Teórico.....	10
Generalidades de los organismos genéticamente modificados.....	10
Historia de los organismos genéticamente modificados.....	12
Tipos de OGM (tipos de modificaciones).....	15
Otro tipo de organismos genéticamente modificados.....	16
En la industria farmacéutica	16
En Medicina	16
Medio ambiente (Biorremediación)	17
Ventajas y desventajas de los OGM.	17
Generalidades de los alimentos orgánicos.....	20
Historia de los alimentos Orgánicos	22

Ventajas y Desventajas de Alimentos Orgánicos	24
Seguridad e inocuidad de los alimentos genéticamente modificados	27
Seguridad e inocuidad de los alimentos Orgánicos.....	33
Evaluación nutricional de los alimentos genéticamente modificados	35
Evaluación nutricional de los alimentos orgánicos	48
Conclusiones	54
Referencias	56

Lista de tablas

Tabla 1. Alimentos sometidos a modificación genética	15
Tabla 2. Tipo de modificaciones genéticas.....	37
Tabla 3. Composición nutricional repollo transgénico y no transgénico	39
Tabla 4. Variación nutricional arroz transgénico.....	41
Tabla 5. Equivalencia sustancial arroz transgénico	46
Tabla 6. Diferencias nutricionales de alimentos orgánicos	48
Tabla 7. Evaluación nutricional alimentos orgánicos	51

Resumen

Los cambios nutricionales, la calidad y la inocuidad de los alimentos pueden variar de acuerdo con los métodos de agricultura empleada (transgénica u orgánica), dos tipos de métodos de producción de alimentos en donde el primero está basado en la expresión de nutrientes específicos a través de la modificación genética y el otro enfocado en la inocuidad y conservación del ecosistema, evitando al máximo el uso sustancias químicas, resultando esencial identificar qué cambios se presentan en cuanto a los nutrientes específicos como: vitaminas, minerales, aminoácidos, ácidos grasos, elementos especiales dentro de la nutrición humana, por tal motivo es de gran importancia conocer las diferencias entre dichos métodos de agricultura para determinar cuál es la mejor opción para la nutrición del ser humano y a su vez los riesgos asociados al consumo de los mismos. Las comparaciones se realizan con diferentes estudios que determinan la composición de los alimentos transgénicos y alimentos orgánicos evidenciando los cambios principales en los nutrientes específicos y a su vez ,el riesgo, la seguridad e inocuidad de los mismos.

Al analizar las diferencias los alimentos orgánicos si bien presentan mayor contenido de algunos nutrientes y menor cantidad de contaminantes hacen falta estudios que argumenten la ventaja de estos frente a los convencionales o transgénicos, por otro lado los datos obtenidos para la seguridad de los alimentos transgénicos no son totalmente concluyentes a largo plazo, teniendo en cuenta que si se realizan de manera responsable las pruebas de inocuidad para dichos alimentos es una alternativa bastante prometedora para la nutrición humana

Palabras clave: Diferencias, Transgénicos, Orgánicos, Nutrientes, Seguridad.

Introducción

Los organismos genéticamente modificados (OMG) son aquellos alimentos ya sea de origen animal o vegetal a los cuales se han realizado algún tipo de modificación del ADN por medio de la ingeniería genética en donde se busca expresar características deseadas o bien mejorar ciertos rasgos como la resistencia a plagas, calidad nutricional, adaptación a condiciones ambientales extremas entre otras.

Este tipo de alimentos a su vez ha sido desde hace varias décadas motivo de controversias a razón de su calidad nutricional o seguridad en el consumo comparado con los alimentos convencionales debido a los antecedentes reportados para cierto grupo de alimentos transgénicos en los cuales se ha identificado potencial de toxicidad o alergénico.

La ingeniería genética se ha centrado en producir semillas para el cultivo de alimentos con características especiales, de una apariencia mucho más llamativa, creando resistencias a las plagas, reduciendo la utilización de pesticidas, aumentando la productividad de las cosechas, eliminando sustancias tóxicas de algunos alimentos convirtiéndolos aptos para el consumo humano, por lo que genera cierta ventaja sobre la producción agrícola convencional u orgánica.

Dentro de los alimentos genéticamente modificados podemos encontrar ampliamente variedades de semillas, cereales, harinas, cerdos, microorganismos entre otros alimentos de consumo masivo como buena fuente de nutrientes, debido a esto surge una controversia entre la calidad, seguridad y confianza, dado que al manipular

su naturaleza se pueden generar sustancias que para el organismo humano no son conocidas y pueden traer riesgos para la salud.

Identificadas estas posibles alertas sobre la seguridad de los alimentos genéticamente modificados en donde es necesario la evaluación de su inocuidad en los seres humanos, surgen normativas para controlar su producción y comercialización exigiendo las características mínimas que debe cumplir el alimentos para el consumo humano. La organización mundial de la salud (OMS) ha realizado una serie de consultas reuniendo a diferentes expertos científicos con el fin de evaluar la inocuidad de los alimentos genéticamente modificados de origen vegetal, en las cuales determinan que los alimentos actualmente disponibles en el mercado internacional han pasado las evaluaciones de riesgo y no es posible que presenten riesgos para la salud humana.

Por otro lado surgen alternativas para los consumidores en desacuerdo con las prácticas modernas de la biotecnología optando por el consumo de alimentos orgánicos con la percepción de tener mayor calidad y menos probabilidad de generar problemas de salud debido a menor contenido o ausencia de contaminantes que los utilizados en las prácticas agrícolas convencionales.

Justificación

Es importante conocer acerca del origen y producción de los alimentos que consumimos día a día en donde actualmente se producen y comercializan alimentos modificados mediante ingeniería genética; por lo tanto, es importante identificar la diferencia en la composición nutricional que puede experimentar un alimento cuando se somete a la manipulación genética para cambiar alguna de sus características comparado con el alimento cultivado naturalmente.

Actualmente en nuestro país no se tiene una clara regulación para la comercialización de los alimentos genéticamente modificados en donde en ninguna parte del rotulado de los alimentos se identifica su origen y si realmente es convencional o transgénico. Por lo cual muchas personas que están en desacuerdo con el consumo de dichos alimentos no tienen la libertad de conocer lo que consumen.

En este trabajo abordaremos diversas fuentes bibliográficas que nos permitan llegar a comprobar el verdadero valor nutricional en lo que corresponde a micro y macro nutrientes producidos en los alimentos cultivados de forma genéticamente controlada, que ventajas pueden ofrecer los alimentos orgánicos en comparación con los alimentos convencionales y cuál es la mejor opción para una alimentación saludable.

Objetivos

Objetivo general

Identificar los cambios en su composición que presentan algunos alimentos cultivados bajo las prácticas agrícolas orgánicas y transgénicas.

Objetivos específicos

- Identificar los cambios nutricionales que presentan los alimentos orgánicos y modificados genéticamente.
- Analizar la mejor alternativa de consumo en cuanto a los alimentos orgánicos o transgénicos desde su calidad nutricional.
- Determinar la seguridad e inocuidad tanto de los alimentos transgénicos como de los alimentos orgánicos

Marco Teórico

Generalidades de los organismos genéticamente modificados

El término organismo modificado genéticamente (OMG) designa un organismo cuyo material genético ha sido modificado de una manera que no ocurre naturalmente a través de la fertilización y / o recombinación natural, OGM pueden ser plantas, animales o microorganismos, tales como bacterias, parásitos y hongos, (Efsa, 2014). De acuerdo a la Organización Mundial de la Salud (OMS), Los (OGM) pueden definirse como organismos en los cuales el (ADN) ha sido alterado de un modo artificial mediante técnicas de la biotecnología moderna (Organización mundial de la salud [OMS], 2012), para esto se aplican métodos “In vitro” de ácido nucleico incluido el ácido desoxirribonucleico (ADN) recombinante y la inyección directa de ácido nucleico en células u orgánulos y la fusión de células más allá de la familia taxonómica que superando las barreras fisiológicas naturales de reproducción o recombinación, estas técnicas no son utilizadas en la reproducción y selección tradicionales, lo que permite que plantas, animales y microorganismos sean modificados genéticamente con características novedosas que van más allá de lo esperado por los métodos tradicionales, con esta técnica se identifican, seleccionan y modifican las secuencias del ADN para lograr una característica genética específica (por ejemplo, la resistencia a insectos) a partir de un organismo donante (microorganismo, planta o animal), y transferir la secuencia al organismo receptor de modo que esta se exprese (Organización mundial de la salud [OMS], 2005).

De acuerdo con Schardt (Schardt, 1994), La ingeniería genética ha sido practicada desde tiempos inmemorables. Mediante la selección de animales con más carne y más resistentes a la reproducción, la siembra y recolección de granos y semillas más grandes con el fin de obtener las mejores características y atributos presentes en el alimento y por fertilización cruzada de las diferentes especies de plantas para crear nuevas variedades que presentan las propiedades más deseables de las plantas madre. Este enfoque está limitado por el hecho de que los criadores sólo pueden cruzar una planta con su pariente cercano.

Diferentes Técnicas se han utilizado en la producción de OGM para lograr transferir el ADN recombinante a una especie receptora. Para las plantas, esto incluye transformación mediada por *Agrobacteriumtumefaciens* (una bacteria común del suelo que contiene elementos genéticos que producen infección en las plantas) y biolística (o biobalística) —bombardeo del ADN recombinante ubicado sobre micropartículas hacia dentro de células receptoras. Los métodos utilizados en la transformación de diversas especies animales incluyen microinyección, electroporación, y células de la línea germinal. El índice de éxito de transformaciones tiende a ser menor en los animales que en las plantas, y a variar entre las especies, lo que hace necesario el uso de muchos animales (OMS, 2005).

En la década de los 80 Gordon y Ruddle (Gordon & Ruddle, 1981) lograron un avance importante en la producción de animales transgénicos mediante técnicas de microinyección donde el ADN desnudo fue inyectado en el pronúcleo del ovocito de ratón recién fertilizado para luego ser transferido a hembras receptoras sincronizadas. En este ensayo se logró determinar la posibilidad de usar un plásmido recombinante

como vector para transferir genes directamente hacia el embrión. Recordemos que los plásmidos son moléculas de ADN circulares, pequeñas, que se encuentran en las bacterias por fuera del ADN cromosómico. Dado que se adaptan a albergar otro pedazo de ADN, se abre la posibilidad de poner un gen determinado (o un tramo de ADN determinado) en un plásmido circular, generando un ADN recombinante (Griffiths et al., 1999)

Tal como lo esquematiza Watson y colaboradores (Watson et al., 1992) la electroporación es una técnica basada en la aplicación de alto voltaje a las células durante un periodo de tiempo muy corto, durante el cual las células (en este caso los cigotos) despolarizan sus membranas y se forman pequeños orificios por los que penetran las moléculas de ADN que se encuentran alrededor. La ventaja de esta técnica es que se aplica a varios cigotos a la vez y habitualmente se obtienen eficiencias de entrada del ADN del 100%. La eficiencia de la transfección por electroporación esta mediada por una serie de factores como la magnitud del campo eléctrico aplicado, la duración del pulso eléctrico, la temperatura, la concentración, el tipo de ADN y la composición iónica del medio (Watson et al., 1992).

Historia de los organismos genéticamente modificados

La aplicación directa de técnicas de ingeniería genética, incluyendo el mejoramiento tradicional se inició en la década de 1960, ha continuado en la década de 1990, y tal vez se procederá en el siglo XXI (Phillips, 1994). Esta práctica permitió aumentar significativamente las variedades de cultivos de alimentos básicos con

características para una mayor producción y resistencia a enfermedades y plagas en varios países, tanto desarrollados como en desarrollo (Borlaug, 2000).

El desarrollo de la biología molecular en las décadas de 1970 y 1980 introdujo métodos directos para el análisis de las secuencias genéticas y permitió la identificación de marcadores genéticos para lograr las características deseadas, dichos métodos de desarrollo asistido por marcadores son especialmente útiles cuando los ARNs son muy pequeños o con estructuras secundarias extensas lo que permite el desarrollo de estrategias competitivas en la actualidad (OMS, 2005).

Alimentos genéticamente modificados aparecieron por primera vez en el mercado en la década de 1960. En 1967, una nueva variedad de papa llamada Lenape, cultivada con un alto contenido de sólidos, fue útil para hacer papas fritas. Sin embargo después de dos años, esta nueva variedad de papa desarrolló una toxina llamada solanina, un glucoalcaloide toxico formado en las solanáceas como mecanismo de defensa natural (Muñoz, 1992) y en consecuencia, fue retirada del mercado por el departamento de agricultura de estados unidos (USDA). El desarrollo de esta toxina en la nueva papa fue de los primeros indicios para mostrar que la alteración genética de las plantas o incluso animales podría tener efectos inesperados (McMillan & Thompson, 1997).

En 1979, en la Universidad de Cornell, Nueva York, los científicos comenzaron el primer estudio sobre la somatotropina bovina recombinante (rBST), una hormona sintética de crecimiento para las vacas. Esta hormona, cuando se inyecta a las vacas lecheras, aumenta su capacidad de producción de leche (Uzogara, 2000).

En la década de 1980, investigadores de los Estados Unidos (Monsanto), Alemania Occidental (Instituto Max Planck para la Mejora Vegetal), y Bélgica encontraron un método para crear plantas transgénicas mediante el uso de una bacteria patógena, *Agrobacterium tumefaciens* (Fraley et al., 1983; Zambrynsky et al., 1983). Esta bacteria les permitió introducir nuevos genes en las plantas además de un gen marcador de resistencia a la kanamicina para seleccionar la célula transformada (Bevan et al., 1983; Herrera et al., 1983). Esta técnica es una de las más empleadas actualmente y se ha utilizado para introducir docenas de otros rasgos en las plantas (Hinchee et al., 1988) incluyendo la característica de maduración lenta de los tomates.

El período entre 1983 y 1989 fue el tiempo para el desarrollo de las más sofisticadas técnicas de ADN recombinante, que permitieron la transformación genética de plantas y animales. Durante este período, el gobierno de Estados Unidos dio su aprobación para el uso de rBST en vacas lecheras y el marco para la regulación de la biotecnología a tres agencias reguladoras, la Food and Drug Administration (FDA), el Departamento de Agricultura de EE.UU. (USDA), y la Agencia de Protección Ambiental (EPA) (Phillips, 1994).

Actualmente a nivel global los cereales como el trigo, el maíz, el arroz, la cebada y el sorgo se cultivan en casi 700 millones de hectáreas y colectivamente proporcionan aproximadamente el 40% de los componentes de energía y de proteínas de la dieta humana, (Dunwell, 2014). Tomando fuerza como una opción de primera línea para suplir las necesidades nutricionales.

Tipos de OGM (tipos de modificaciones)

En la tabla N° 1 se describen algunos de los alimentos que podemos encontrar actualmente en el mercado, el tipo de modificación realizada y la tecnología aplicada (Marín, et al., 2001).

Tabla 1. Alimentos sometidos a modificación genética

VEGETAL	BENEFICIO	TECNOLOGÍA
Algodón, soja, álamo	Tolerancia al glifosato (Round-up)	Inserción de gen codificante de la enzima 5' enolpiruvilchi-quimato-3' fosfato sintasa de <i>agrobacterium tumefaciens</i>
Trigo, arroz, maíz, centeno, papa, tabaco	Tolerancia al glifosinato (Basta)	Inserción del gen codificante de fosfinotricina-acetiltransferasa de <i>streptomyces hygrosopicus</i>
Papa, tomate, tabaco, alfalfa, curcubitáceas.	Resistencia a virus	Expresión de genes de cápside viral.
Canola	Resistencia a hongos	Expresión de genes de origen vegetal o fúngica codificantes de quitinasa, glicanasas o proteinasas.
Maíz, lechuga, papa, tomate, arroz, trigo, algodón, maca.	Resistencia a diversos insectos.	Inserción de genes codificantes de endotoxinas de <i>bacillus thuringiensis</i>
Canola, maíz, sorgo	Semillas con esterilidad masculina, sin riesgos de contaminación por autopolinización.	Inserción de gen capaz de destruir células productoras de polen y un segundo gen para revertir el proceso y tornar híbridos fértiles.
Fresa y tomate.	Tolerancia al frío	Inserción de genes <i>pseudomonas syringae</i> para reducir la formación de cristales de hielo.
Melón, brócoli, mora	Maduración retardada	Inserción de un gen codificante de proteína terminal de sintasa de etileno.
Tomate	Maduración retardada	Expresión de gen poligalactorunidasas inhibiendo la degradación de pectina.

Papa	Aumento de 30 a 60 % más de almidón, Menor absorción de grasas en la fritura	Expresión de un gen E.coli, envolviendo la síntesis de almidón.
Soja	Mayor contenido de metionina para la alimentación de gallinas	Inserción de gen codificante
Trigo	Mayor contenido de amilopectina	Expresión alterada de genes envolviendo la síntesis de almidón.

Marin M, Battistoni J, Sanguineti C, Señorale M, Organismos genéticamente modificados, reflexiones desde sur, 2001, Montevideo Uruguay pg 30. Tabla 1

Otro tipo de organismos genéticamente modificados

En la industria farmacéutica

Según el Documento Biología y Geología también se crean OGM que sean capaces de formar moléculas o sustancias que no le son propias. De esta forma se obtienen antibióticos, hormonas, vacunas, y proteínas que no producen rechazo en el paciente. (Acosta et al., 2009).

En Medicina

En el Diagnóstico de enfermedades genéticas, especialmente para detectar problemas de salud derivados de la disfunción de un gen antes de que la enfermedad se desarrolle un ejemplo claro de este uso, es en el (Alzheimer o Parkinson).

También para conseguir la curación o el alivio de una enfermedad producida por la disfunción de un gen introduciendo en el enfermo el gen “sano” o inhibiendo la acción del gen defectuoso (terapia génica).

Medio ambiente (Biorremediación)

La ingeniería genética ha sido aplicada en el medio ambiente principalmente en la recuperación de suelos contaminados con metales pesados, obtención de energía a partir de aguas residuales en las depuradoras, degradación de residuos tóxicos, obtención de plásticos biodegradables mediante bacterias modificadas. (Acosta et al., 2009).

Ventajas y desventajas de los OGM.

Las modificaciones genéticas de las plantas y los animales están justificadas por el potencial de mejora de la situación alimentaria en todo el mundo, un aumento en el rendimiento de los cultivos, un aumento en el valor nutricional de los alimentos, y la elaboración de preparados farmacéuticos de importancia clínica demostrada (Kramkowska, Grzelak & Czyżewska 2013).

Entre los beneficios de los OGM en diferentes sectores como la agricultura, alimentación y medio ambiente encontramos: la disminución y moderación en el uso de agroquímicos, mejores rendimientos, nuevas herramientas para manejo y control de plagas, malezas y enfermedades, posibilidad de cultivar plantas en ambientes extremos y en suelos pobres. En la industria alimentaria podemos encontrar mejor contenido nutricional y mayor calidad, (Pryme *et al.*, 2003), dado que se logra expresar los genes que codifican mayor cantidad de algún nutriente específico y se mejora la apariencia de los alimentos teniendo colores más llamativos y de gran tamaño. Tal como lo expresa Kramkowska las modificaciones realizadas en la composición química es frecuentemente más útil que los alimentos producidos tradicionalmente que puede proporcionar una fuente concentrada de nutrientes como Vitamina A, E, C, pigmentos,

ácidos grasos insaturados indispensables, pre y probióticos (Kramkowska et al., 2013). Además tal como lo expresa Deneen S (Deneen, 2003). "La productividad agrícola mundial podría aumentar hasta en un 25 por ciento a través del uso de la biotecnología para cultivar plantas resistentes a plagas y enfermedades, tolerar duras condiciones de cultivo y el retraso de maduración para reducir el deterioro."

Con respecto al medio ambiente se tiene evidencia que es útil para la disminución de la contaminación del suelo, aire y aguas, gracias a un menor uso de agroquímicos, en la reducción de la presión sobre ecosistemas naturales debido a una mejor productividad y producción en condiciones extremas, en las prácticas de labranza al disminuir la erosión a causa del uso de cultivos resistentes a herbicidas (Pryme *et al.*, 2003).

Sin embargo detrás de los beneficios observados se identifican algunas desventajas con la introducción de productos transgénicos en el mercado de alimentos y surge un tema controvertido. Si bien como lo expresa Martínez y sus colaboradores, los consumidores perciben un alto riesgo a partir de productos derivados de la biotecnología; sobre todo han perdido la confianza en el sector productivo (Martínez, Molla, Gomis & Carrasco, 2009). Por lo tanto, todo parece indicar que los consumidores no perciben ninguna compensación de ventajas potenciales para la salud a partir de estos productos, ellos sólo perciben los riesgos en la producción y el consumo según los datos obtenidos de la investigación llevada a cabo por la Comisión Europea reportada por Gaskell (Gaskell et al., 2006).

En opiniones de algunos críticos se encontró algunas como: los alimentos transgénicos pueden afectar desfavorablemente la salud de los consumidores, dado que en los alimentos transgénicos se expresan secuencias de aminoácidos que no son de su naturaleza y generan reacciones alérgicas (Kramkowska et al., 2013), por otro lado se menciona que el uso de OGM, podría crear una disminución de la diversidad biológica acabando con los insectos benéficos y la vida silvestre (Vélez, 2001). Además el equilibrio ecológico puede verse alterado como consecuencia del escape de genes generando plantas resistentes a herbicidas convirtiéndose en malezas y posibles riesgos de toxicidad (Martínez , et al., 2009).

En un afán por determinar la seguridad de los alimentos transgénicos se han llevado a cabo diferentes estudios para identificar los posibles efectos alérgicos derivados del consumo de dichos alimentos como es el caso del maíz Starlink de la empresa Aventis Cropscience, que debido a la transferencia de información genética se manifestó entre los consumidores fuertes dolores de cabeza, alergias, vómitos y diarrea. (Olivero et al., 2008).

Sin embargo los riesgos y beneficios que surgen de estas nuevas tecnologías tienen un entendimiento limitado por parte de los consumidores lo que implica la necesidad de suministrar información de varias fuentes públicas y privadas, formales y no formales con los diferentes enfoques y variedades de cuestiones que surgen tanto beneficios o desventajas que pueden traer los alimentos genéticamente modificados (Costa-Font, Gil &Traill, 2008).Igualmente es importante brindar información para que el consumidor tenga los criterios de escoger si consume o no dichos alimentos.

Generalidades de los alimentos orgánicos

Actualmente es cada vez más grande la preocupación de las personas por la nutrición, la salud y la calidad de la alimentación. Por lo tanto se viene presentando un mayor interés por el valor nutritivo de los alimentos y sus métodos de producción, además se ve más conciencia sobre las mejores opciones desde el punto de vista nutricional lo que lleva en aumento la demanda de alimentos funcionales, alimentos orgánicos, alimentos verdes y alimentos naturales, enfocados principalmente en evitar los problemas de salud proporcionados por los cambios de la vida moderna, tales como la obesidad, la diabetes tipo 2 y las enfermedades coronarias, pensando en lograr hábitos alimentarios saludables que permitan disminuir el riesgo de padecerlas y a su vez pensado en el medio ambiente y la motivación para consumir productos orgánicos (Mohamad et al., 2014).

Los alimentos orgánicos pueden definirse como aquellos alimentos que son producidos bajo sistemas en los cuales se evita el uso de fertilizantes artificiales, pesticidas, reguladores del crecimiento y aditivos para el ganado (Christine & Williams, 2002). Basado en la rotación de los cultivos, los animales y las plantas, abonos, deshierbe manual y el control biológico de plagas, residuos animales y cultivos, controladores de plagas no sintéticos, y materiales sintéticos permitidos que pueden descomponerse rápidamente por el oxígeno y la luz solar, siendo estos métodos amigables con el medio ambiente minimizando la contaminación del aire, el suelo y del agua (Winter & Davis, 2006).

Así mismo es una producción que promueve y mejora la biodiversidad, los ciclos biológicos y la actividad biológica del suelo. Se basa en un mínimo uso de insumos externos y en las prácticas de agricultura para mantener y mejorar la armonía ecológica en lo posible que sean cultivados sin pesticidas sintéticos o sustancias químicamente definidas como una sustancia que se formula o fabrica por un proceso químico o por un proceso que cambia químicamente una sustancia extraída de una planta, animal, o la fuente mineral natural, hormonas de crecimiento, antibióticos, técnicas de ingeniería genética modernas (incluidos los cultivos modificados genéticamente), fertilizantes químicos, o aguas residuales (Winter & Davis, 2006).

El objetivo principal de la agricultura orgánica es promover la salud y optimizar la productividad de las comunidades dependientes de la vida del suelo, las plantas y los animales, aunque la practica orgánica trata al máximo de evitar el uso de sustancias químicas en sus procesos existe la probabilidad de encontrar residuos de plaguicidas por el uso previo de estos en la tierra o por contaminación accidental en la práctica agrícola es por tanto la dificultad de obtener un alimento orgánico libre de sustancias químicas debido a la contaminación del medio ambiente en general, no se puede garantizar que están libres completamente pero si deben cumplir con límites establecidos por la reglamentación (Bala, 2013), conocida como la ley orgánica de producción de alimentos (LOPA) en Estados Unidos y la organización de las naciones unidas para la alimentación y la agricultura (FAO) por sus sigla en inglés, para asegurar a los consumidores que los productos se produjeron orgánicamente y cumplen con un estándar consistente (Ellsworth, 2001).

En la actualidad la variedad de alimentos orgánicos es muy amplia y cada vez mayor, con productos establecidos como granos, frutas, verduras, frutos secos y hierbas y algunos más recientes como productos lácteos (leche, mantequilla, yogurt, queso, helado), vino hecho con uvas orgánicas, jarabe de arce, cereales, aceite, salsa de tomate, café y té que son cada vez más accesibles para el consumidor (Jensen & O'Doherty, 2011).

Historia de los alimentos Orgánicos

Tal como lo expresa Ellsworth (Ellsworth, 2001), el mercado de los alimentos orgánicos ha tenido una gran trayectoria en los últimos 40 años creciendo continuamente impulsado por el aumento de las preocupaciones ecológicas.

La agricultura orgánica inicia sus movimientos en los grandes países industriales - Gran Bretaña, Alemania, Japón y Estados Unidos – en la década de 1930 y 1940 como alternativa a la agricultura convencional debido al aumento de nitrógeno sintético disponible después de la primera guerra mundial (Donald, 2003). El primer uso del término "agricultura orgánica" fue en 1940 por Lord Northbourne en su libro *Mirada a la Tierra* (Scofield, 1986). Utiliza el término no sólo en referencia a la utilización de materiales orgánicos para la fertilidad del suelo, sino también con el concepto de diseño y gestión de la granja a un sistema orgánico entero.

En el periodo de 1940 y 1970 después de un largo periodo de reconocimiento y conceptos que popularizaron la agricultura orgánica, se generó igualmente la

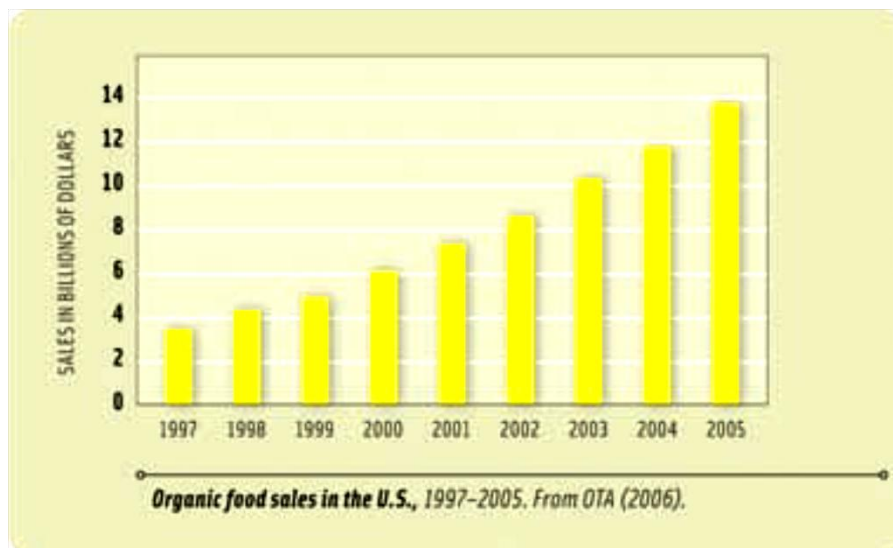
polarización entre los alimentos orgánicos y convencionales en donde hubo poco dialogo por parte de las comunidades agrícolas (Heckman, 2006).

En la década comprendida entre 1979 y 1990 es el periodo en el cual los estados unidos de américa EEUU reconocen la agricultura orgánica, creando de esta forma normatividad legal que regula la producción de alimentos orgánicos.

En 1973, Oregon aprobó la ley estatal que regula el primer alimento orgánico, y al hacerlo, se dio el impulso para que otros estados promulgaran posteriormente la legislación relativa de productos orgánicos, a partir de entonces a través de la década de 1980, la industria orgánica libraron una lucha interna para estandarizar métodos de producción permisibles, y establecer los requisitos de mantenimiento de registros, procedimientos de etiquetado y la aplicación de métodos. Sin embargo, surgen diferencias sustanciales en cuanto a la regulación de los materiales, la cantidad del tiempo necesario de transición a la superficie orgánica y las prácticas de producción permitidas para que los productos sean certificados bajo un conjunto de directrices del estado (Ellsworth, 2001).

En cuanto al consumo de alimentos a través de la historia se nota evidentemente un incremento tal como se indica en la figura 1 (Winter & Davis, 2006). Los productos orgánicos se venden en fresco, congelados, procesados cuyas ventas han aumentado en más de un 20% cada año desde 1990. (Ellsworth, 2001).

Figura 1- ventas de alimentos orgánicos en estados unidos entre 1997 y 2005 (Fuente: OrganicTradeAssn., 2006)



Ventajas y Desventajas de Alimentos Orgánicos

De acuerdo con lo que nos expresa Forman J (Forman, 2012) ha sido demostrado que al exponer a los consumidores a menos concentraciones de plaguicidas es menor la incidencia de enfermedades en la población, así lo demuestra Maryse en su estudio en el cual encuentra una relación directa entre las concentraciones de dimetil alquifosfato (plaguicida común) y la prevalencia de presentar déficit de atención e hiperactividad en los niños (Maryse, et al., 2010).

Igualmente se ha demostrado que la agricultura ecológica tiene menor impacto ambiental que los enfoques convencionales tal como lo muestra Tuomisto en donde encontró que la lixiviación del nitrato fue 31% menor evitando la contaminación de

fuentes agua y el uso de energía promedio fue 21 % menor en las granjas orgánicas (Tuomisto et al., 2012).

Una de las ventajas principales de los alimentos orgánicos es la baja exposición que se presenta a los pesticidas tal como lo encontró Baker en donde el porcentaje de aparición de pesticidas en alimentos orgánicos es 60 % más bajo que en alimentos convencionales y las concentraciones de dichos pesticidas en partes por millón son 71 % más bajos en alimentos orgánicos comparados con los alimentos convencionales (Baker et al., 2002). lo que representa menor incidencia de enfermedades en los consumidores por la exposición crónica incluyendo problemas respiratorios (Ye M, et al., 2013) trastornos de la memoria, enfermedades dermatológicas, depresión, déficits neurológicos (Maryse et al., 2010), abortos involuntarios, defectos de nacimiento este último evidenciado en el estudio realizado por (Engel et al., 2000) donde reportan 2.6 veces más la incidencia de malformaciones en los niños de maternas expuestas a pesticidas.

Los consumidores consideran que los productos orgánicos son más nutritivos que los alimentos convencionales, pero no existe una investigación definitiva para apoyar esta creencia. En el estudio de (Christine & Williams, 2002) ha demostrado sin diferencias importantes el contenido en hidratos de carbono o de vitaminas y minerales. Sin embargo no existe el resultado concreto de una investigación que demuestre directamente los beneficios para la salud o la protección de la enfermedad como resultado de consumir una dieta orgánica (Forman, 2012).

Un tema importante en el debate orgánico es si los métodos de agricultura orgánica pueden ser igual de productivos, y puede no ser más caros que los enfoques convencionales. (Hansen, 2001) encontró que las granjas orgánicas son mejor que las granjas convencionales en el mantenimiento de los diversos ecosistemas, incluyendo las poblaciones de plantas, insectos, y animales, cuando se calcula ya sea por unidad de superficie o por unidad de producción, las granjas orgánicas utilizan menos energía y producen menos residuos. El suelo de cultivos orgánicos ha sido demostrado ser de mayor calidad y tienen mayor retención de agua, lo que puede aumentar los rendimientos para granjas orgánica en los años de sequía (Hansen, 2001).

Una de las principales preocupaciones de los alimentos orgánicos es su precio más alto para los consumidores los cuales suelen costar de un 10% a un 40% más que los productos producidos convencionalmente (Winter & Davis, 2006). Un número de factores importantes influyen sobre el costo final de los alimentos orgánicos como por ejemplo: la alimentación de los animales con alimentos orgánicos, la productividad más baja costes de mano de obra más altos debido a la intervención manual en muchos procesos (Forman, 2012), razón por la cual el beneficio que posiblemente genera el consumo de dichos alimentos estará disponible solo para algunas poblaciones con mayor poder adquisitivo (Forman, 2012).

Por otro lado los alimentos orgánicos a pesar de cumplir con las buenas prácticas agrícolas orgánicas no están exentos de presentar contaminantes como se dan en los alimentos convencionales como son: plaguicidas, bifenilos policlorados, micotoxinas, metales pesados y medicamentos veterinarios entre otros (Gutiérrez, 2013).

Seguridad e inocuidad de los alimentos genéticamente modificados

El concepto de evaluación de riesgos de los OGM fue discutido por primera vez en la conferencia de Asilomar en el año 1975 (OMS, 2005). En donde surgió especial preocupación por el descubrimiento del ADN recombinante el cual podía aplicarse a virus y tener un impacto negativo sobre la salud pública. Por lo cual aparecen regulaciones en las cuales se debe realizar evaluación de los riesgos y seguridad de los OGM previos y posteriores a su comercialización (OMS, 2005). Muchos organismos regulatorios (Principios del Codex), (Protocolo de Cartagena sobre Seguridad de la Biotecnología) inician sus normas basados en la evaluación de la inocuidad o evaluación de riesgos, estableciendo directrices para armonizar la evaluación y optimizar la toma de decisiones de las naciones (OMS, 2005).

La seguridad de los alimentos genéticamente modificados es cuestionada debido a la introducción de nuevas proteínas que el organismo nunca antes había recibido, lo cual puede causar reacciones alérgicas (David, 2004). Esto pudo ser comprobado con las reacciones que generó el consumo de maíz transgénico StarLink de la empresa Aventis Crop, el cual la transferencia de información genética a partir de bacterias *Bacillus thuringiensis* a los núcleos de las células de maíz produjeron la expresión producto de la proteína Cry9c, manifestando fuerte propiedad alergénica, generando síntomas como dolor de cabeza, diarrea y vómito, por lo cual fue nombrado como alimento no seguro para el consumo humano (Kramkowska et al., 2013). Otro de los reportes de alergias derivado del consumo transgénicos es el caso de la soja

enriquecida con el aminoácido metionina obtenido por síntesis como un producto del gen aislado de la nuez de Brasil (Kramkowska et al., 2013).

Cuando se habla de alergias inducidas por alimentos transgénicos es debido a la transferencia de genes entre organismos lo cual da como resultado la expresión y síntesis de nuevas proteínas y/o secuencias de aminoácidos desconocidas dentro de la naturaleza de los alimentos lo que genera el riesgo principal del desarrollo de alergia alimentaria derivado al consumo de alimentos transgénicos (Kramkowska et al., 2013), el termino alergia se refiere a la respuesta inmune generada por la presencia de un componente alimentario específico, en los cuales se expresa como alteraciones en la piel, en el sistema respiratorio, circulatorio hasta la inducción de shock anafiláctico, creando graves efectos negativos para la salud (Kramkowska et al., 2013). Las reacciones alérgicas a los alimentos están mediadas por inmunoglobulinas especialmente (IgE) y ocurren en individuos atópicos que están genéticamente predispuestos a la alergia y que han sido previamente sensibilizados al alérgeno (Ladics & Selgrade, 2009).

De acuerdo con los parámetros expuestos por (König A et al., 2004), la identificación de peligros de los cultivos transgénicos se lleva a cabo en cuatro pasos. (I) caracterización de la cosecha y riesgos asociados a ella, (II) caracterización del proceso de transformación y la inserción del ADN recombinante (posibles consecuencias de cualquier evento de la transferencia de genes del ADN recombinante), (III) caracterización de las proteínas introducidas y metabolitos (potencial de toxicidad y alergenicidad), (IV) identificación de otras alteraciones inesperadas en el cultivo, incluyendo cambios en el metabolismo de la planta, cambios

en la composición y la evaluación de su impacto toxicológico, alergénico o nutricional. La evaluación incluye la estimación de la ingesta de alimentos transgénicos en la dieta de los consumidores evidenciando las cifras de aumento de producción (Internacional Service for the Acquisition of Agri-biotech Applications [ISAAA], 2013), incremento de comercialización y a su vez la predicción de consumo frente a dichos alimentos cuando se perciben beneficios que determinan su aceptación (Prati G, 2012), por otro lado también se hacen estimaciones de las posibles reacciones alérgicas comparando los metabolitos o proteínas expresadas en los alimentos transgénicos contra compuestos obtenidos de una base de datos conocidos por sus efectos tóxicos derivados de su estructura química al igual que software que predicen el potencial alergénico por medio de secuencias de aminoácidos primarias de la proteínas (König A et al., 2004).

Antes de la comercialización de los cultivos modificados genéticamente, estos están obligados a someterse a una evaluación de la actividad del potencial alergénico de la proteína que se produce a partir de los genes introducidos. La primicia general de estas evaluaciones son: (1) proteger a los consumidores alérgicos a la exposición de proteínas alergénicas o de reacción cruzada conocidos que pueden desencadenar una reacción adversa en los ya alérgico a tales proteínas, y (2) proteger a las personas atópicas de riesgos de sensibilización alérgica asociada con la introducción de genes que codifican proteínas que son propensos a convertirse en alérgenos alimentarios (Ladics & Selgrade, 2009). Algunas de las empresas líderes en el mercado de la biotecnología como son, Bayer cropscience, DNA Plant Technology Corporation (EE.UU.), Universidad Agrícola de Huazhong (China), Monsanto Company, Instituto Nacional de Ciencias Agrobiológicas (Japón) entre otras (ISAAA, 2013), deben seguir

dichos lineamientos tal como lo indica la FAO en la guía para evaluación de seguridad de los alimentos y lograr su aprobación en los diferentes países donde se comercializan sus productos (FAO, 2003).

Según los reportes iniciales de alergias presentadas a alimentos transgénicos (Julie et al., 1996) nos da a conocer el caso de la alergia presentada por el consumo de soja transgénica en la cual se realizó la inserción de un gen que codifican proteínas ricas en azufre de otras plantas como es la nuez de Brasil (*Bertholletia excelsa*) a través de técnicas de ADN recombinante aumentando la expresión de aminoácidos metionina y cisteína, aminoácidos esenciales para el ser humano. Se trató de determinar por medio de pruebas controladas la expresión de IgE en sujetos con antecedentes de hipersensibilidad a las nueces de Brasil y sin antecedentes de hipersensibilidad a la soja en la cual se administró soja transgénica, soja no transgénica y semillas de nuez de Brasil en los cuales se obtienen resultados que revelan efectivamente la transferencia del gen responsable de las reacciones de hipersensibilidad en la nuez de Brasil hacia la soja transgénica.

Algunos estudios se han realizado para determinar el efecto toxico de los alimentos transgénicos, como es el caso del maíz rico en aminoácido lisina (Y642) maíz creado a partir de métodos biotecnológicos ya que por métodos convencionales no se logró el contenido ideal de lisina para la alimentación del ganado (Xiao Yun et al., 2009), se utilizaron dietas con altas concentraciones de maíz Y642, para aumentar la exposición y aumentar la expresión de la toxicidad y la idoneidad, se administró a un grupo de ratas como muestra representativa y se llevó el control negativo con otro grupo de ratas alimentadas con una dieta de maíz convencional, dentro de los 90 días

del estudio se toman diferentes muestras de sangre a los dos grupos y posteriormente el estudio histopatológico de los órganos, sin encontrar diferencias estadísticamente significativas para correlacionar efectos adversos asociados al consumo de maíz transgénico (Xiao Yun et al., 2009).

Actualmente se cuentan con estudios realizados en alimentos de consumo masivo como es el arroz, del cual actualmente no hay ninguno de procedencia biotecnológica que sea comercializado en el mundo, por lo cual se evalúa su potencial de toxicidad o reacciones de alergenidad, en este estudio (Min Z, et al., 2014) el arroz transgénico lleva dos genes insecticidas (Cry1Ac y SCK), desarrollado por el Instituto de ciencias Genéticas y Biología del desarrollo China, en el cual fueron alimentadas un total de 100 ratas hembras y 100 machos y se llevó un control negativo con arroz no transgénico durante un tiempo de 78 semanas, todos los animales se controlaron diariamente para detectar anomalías en su integridad física y la mortalidad. El peso corporal de cada animal se registró una vez a la semana durante las primeras 13 semanas, y posteriormente cada mes. El consumo de alimentos para cada animal se determinó dos veces a la semana durante las primeras 13 semanas, y después semanalmente. Se realizó el respectivo análisis hematológico e histopatológico determinando al final del estudio, que no hubo diferencias estadísticamente significativas en las tasas de mortalidad entre los grupos en ambos sexos.

Otro estudio se llevó a cabo para tratar de terminar la seguridad del consumo de alimentos modificados genéticamente (Yong L. et al., 2012), en el cual se evalúa la toxicidad sincrónica derivada del consumo de pescado modificado genéticamente con hormona de crecimiento (GH) en el cual un grupo de ratas fue alimentado por 90 días

con suplementos que contenían aproximadamente 10% de harina de pescado transgénico, y otro grupo control alimentado de forma convencional. Al final del estudio las ratas fueron sacrificadas y se determinaron cambios en cuanto a datos hematológicos y morfológicos en el cual no se encontraron diferencias estadísticamente significativas en cuanto al peso de los órganos o marcadores en sangre entre el grupo alimentado con carpa transgénica y el grupo alimentado de forma convencional.

Por lo tanto actualmente la seguridad e inocuidad de los alimentos sigue siendo un tema controvertido y polémico en el cual salen en su defensa los productores y los críticos tratan de demostrar los efectos nocivos, generando diferentes posiciones que afirman (1) que los estudios realizados en animales son de poco o ningún valor en la evaluación de seguridad de los alimentos genéticamente modificados (2) que estos estudios son útiles para detectar cambios inesperados en la composición que puedan causar efectos adversos en los animales; (3) que este tipo de estudios son útiles para evaluar cambios en la composición que se espera que puedan causar efectos adversos (Rod & Ekmay, 2014).

De igual manera es de notar que los estudios anteriormente mencionados demuestran las posibles reacciones adversas que genera el consumo de alimentos transgénicos y que deben ser evitados para el consumo humano, por otro lado se ha tratado de demostrar la inocuidad de dichos alimentos pero finalmente no se cuenta con estudios a largo plazo realizados en humanos que puedan determinar consecuentemente la seguridad e inocuidad de los alimentos modificados genéticamente.

Seguridad e inocuidad de los alimentos Orgánicos

Como es sabido de acuerdo con lo que muestra el mercado la demanda de alimentos orgánicos ofrecen alimentos con niveles más altos de antioxidantes y menos niveles de pesticidas brindando el lado saludable para incentivar su consumo (Sifferlin, 2014). De igual manera se debe evaluar si efectivamente son totalmente inocuos para la salud de los consumidores, si bien los cultivos orgánicos presentan menos niveles de contaminantes y sustancias químicas algunos productos derivados de cultivos orgánicos pueden presentar riesgos para la salud de los consumidores, tal como lo expresa *Jackson P*, el jarabe de arroz orgánico utilizado como edulcorante en formulas infantiles contienen niveles de arsénico que pueden influir negativamente en la salud del individuo por lo tanto surge una necesidad urgente de evaluar los límites reglamentarios para el consumo de dichos alimentos (Jackson et al., 2012).

De acuerdo con Gutiérrez, la producción de alimentos orgánicos no exime a los mismos que presenten contaminantes químicos dado que el caso de la producción de leche orgánica los animales presentan las enfermedades características, como mastitis y parasitosis, que de igual forma conlleva a tratamientos con medicamentos convencionales los cuales pueden aparecer como residuales en la leche (Gutierrez et al., 2013).

A pesar de que los alimentos orgánicos especialmente son producidos bajo buenas prácticas agrícolas de igual manera están expuestos a contaminantes como plaguicidas, bifenilos, policlorados, micotoxinas, metales pesados (Ghidini et al, 2005).

Entre las micotoxinas de mayor peligro de aparición en la leche orgánica es la aflatoxina M1 (AFM₁). La AFM₁ al igual que la AFB₁ se ha incluido en la lista de los principales carcinógenos humanos por el efecto que estos provocan en la salud humana y animal (Monographs on the Evaluation of the Carcinogenic Risk to Humans. International Agency for Research on Cancer [IARC. ARC], 2002). Dado que es un contaminante que se presenta de manera frecuente en la leche producida convencionalmente se evaluó la leche producida de manera orgánica encontrando una alta incidencia de aparición de AFM₁ sobrepasando el límite máximo de residuo propuesto por la regulación (Gutierrez et al., 2013).

A pesar de que la probabilidad de encontrar residuos de pesticidas es más alta en los cultivos convencionales que en los cultivos orgánicos, en estos últimos también pueden aparecer en un porcentaje alto de pesticidas. Siendo un tema de preocupación por parte de los organismos reguladores para garantizar que los alimentos orgánicos cumplen con los límites de contaminantes permitidos y así disminuir el riesgo en los consumidores (Winter & Davis, 2006).

Tal como informan los reportes de la FAO (FAO, 2000), muchos reclamos surgen acerca de los alimentos orgánicos debido a que aumenta la exposición de contaminantes microbiológicos, esto por el hecho de utilizar estiércol como fertilizante orgánico siendo este conocido como un portador de patógenos para humanos especialmente de cepas de E coli, pero actualmente no hay estudios que justifiquen dichas reclamaciones.

Tal como se trata de demostrar que los alimentos orgánicos a pesar de tener cargas de contaminantes más bajos que los alimentos convencionales igualmente se encuentran trazas de pesticidas, metales pesados, y aflatoxinas que en cierta medida generan riesgo al consumidor. Es importante mencionar que existe poca información relacionada con la seguridad de los alimentos orgánicos debido a que las regulaciones solo se centran en los límites de contaminantes que debe tener pero no en el efecto que puede causar sobre el consumidor. Igualmente los estudios realizados no abarcan en gran medida toda la variedad de alimentos orgánicos o simplemente se considera que si el alimento producido de manera convencional no genera riesgo por su consumo, teóricamente se esperaría menos riesgo en el alimento producido de manera orgánica. Por tal motivo la seguridad de los alimentos orgánicos estará directamente relacionada con la seguridad de los alimentos convencionales.

Evaluación nutricional de los alimentos genéticamente modificados

De acuerdo con las directrices existentes para los alimentos genéticamente modificados se debe tener en cuenta el concepto de “equivalencia sustancial”, concepto presentado por la Organización para la Agricultura y la Alimentación de las Naciones Unidas (FAO) y la Organización Mundial de la Salud (OMS) a principios de 1990. En el cual sugiere análisis específicos de compuestos claves considerados ampliamente para evaluar la equivalencia sustanciales de los cultivos modificados genéticamente y proporcionar información detallada de macro y micronutrientes, así como anti-nutrientes (Barros et al., 2010).

Los beneficios resultantes de la modificación genética de alimentos, en cuanto a la composición nutricional, merece especial atención por el hecho de tener productos con mayor utilidad nutricional, proporcionando una fuente mayor de nutraceuticos o sustancias que brindan efectos terapéuticos o mejoran de forma general la salud, entre los más comunes vitaminas A, C, E, pigmentos, ácidos grasos insaturados, pre y probióticos, proteínas, lípidos y carbohidratos, lo que representa un elemento deseable de una dieta diferenciada (Kramkowska et al., 2013).

Tal como lo expresa Kramkowska las modificaciones genéticas también fueron motivadas por el deseo de mejorar la estructura de los lípidos alimenticios, en vista del crecimiento en la mayoría de matrices alimentarias de los ácidos grasos saturados, a su vez con una disminución del consumo de ácidos grasos monoinsaturados y poliinsaturados llevando a los científicos a transformar la composición natural de las plantas oleaginosas, como el caso de la soja con un aumento del contenido de ácido oleico un ácido graso monoinsaturado. La introducción a las células vegetales de genes responsables de la síntesis de ácidos grasos insaturados promovió también la alternativa producción de ácidos omega-3 (ácidos grasos poliinsaturados), muy valorado por sus propiedades pro-salud, por ejemplo, para la reducción de los niveles de LDL-colesterol y triglicéridos en suero y para reducción de las enfermedades de riesgo cardiovascular (Ashleigh et al., 2012).

Uno de los logros de la ingeniería genética que resaltan la expresión de nutrientes específicos es el caso del “arroz dorado” cuyo genoma fue modificado para expresar genes que codifican la síntesis de provitamina A, la producción y rendimiento de este crece notablemente logrando así cubrir con los requerimientos nutricionales de

poblaciones específicas, se estima que 72 g de “arroz dorado” proporcionará el 50% de la dosis diaria recomendada de vitamina A para un niño 1-3 años de edad y fue desarrollado para los agricultores de los países más pobres siendo un impresionante ejemplo para una solución de salud que puede ser ofrecido por la biotecnología vegetal (key, Ma JK & Drake, 2008).

Tabla 2. Tipo de modificaciones genéticas

Alimento	Beneficio nutricional de la modificación genética
Arroz	Alto contenido de B-caroteno
Tomate	Mayor contenido de materia seca
Papa	Alto contenido de amilopectina
Leche	Modificación de la cantidad de caseína.

xxxxxxxxxxxxKramkowska M. et al (2013).

Otro estudio trata de determinar las diferencias en la composición nutricional de algunos alimentos (Jiao Z, et al., 2010) como es el caso de la papaya en la cual se hace la comparación de nutrientes comparado con la papaya no transgénica, dicha fruta fue modificada genéticamente para lograr la resistencia al virus de la mancha anular (PRSV), que es la enfermedad más limitante de la producción de esta fruta, caracterizado por moteados en el color natural de las hojas y reduce drásticamente el rendimiento y calidad de los frutos (Páez, 2003). Debido a esta modificación se estudiaron los cambios que se generaron en la composición natural de la fruta caracterizando principalmente carbohidratos, ácidos orgánicos, carotenoides, alcaloides, realizando los análisis por cromatografía de gases, cromatografía líquida, resonancia magnética nuclear, logrando determinar exactamente los compuestos de interés. Los perfiles de azúcares mostraron 7 tipos, fructosa, sacarosa, galactosa,

xilosa, manosa, ribosa y β - d -glucopiranososa, las variedades de azúcares y su distribución de contenido en la papaya transgénica fueron similares a los encontrados en las contrapartes no transgénicos. En la caracterización de los ácidos orgánicos, el ácido ascórbico exhibió la mayor concentración, en los carotenoides, el β -caroteno, β -criptoxantina, zeaxantina y violaxantina, carotenoides típicos de la papaya no se observaron diferencias estadísticamente significativas, Los perfiles de alcaloides también mostraron gran similitud en la papaya transgénica y las contrapartes no transgénicos en donde colina, pseudocarpaina, dehidrocarpaina y carpaina fueron reportados como los principales alcaloides en hojas de papaya, por lo tanto de acuerdo con este estudio se puede determinar que los cambios en la composición nutricional que puede experimentar el alimento es mínima teniendo en cuenta los componentes evaluados, mostrando un coeficiente de correlación cercano aproximado de 0.96. (Jiao et al., 2010).

Por otro lado también se han estudiado los cambios en la composición nutricional que sufre el repollo transgénico resistente a insectos, dado que los alimentos absorben los nutrientes del suelo donde se cultivan, especialmente minerales. Se evaluó la capacidad de las plantas de repollo transgénico comparado con el repollo convencional para absorber los minerales potasio, fosforo, calcio, magnesio y azufre tomándolo como criterios primarios ya que estos juegan un papel importante en el crecimiento de la planta, las muestras fueron tratadas y preparadas para los análisis determinando los minerales calcio y magnesio por método de titulación estándar, el azufre, fosforo y potasio se determinaron por espectrofotometría. (Dutta et al., 2013). Encontrando los siguientes resultados como muestra la Tabla N°3.

Tabla 3. Composición nutricional repollo transgénico y no transgénico

Repollo transgénico		Repollo NO transgénico	
Nutriente	Valor obtenido	Nutriente	Valor obtenido
Calcio	5.83mg /g	Calcio	5.79mg/g
Magnesio	2.09mg/g	Magnesio	2.04mg/g
Fosforo	2.73mg/g	Fosforo	3.12mg/g
Azufre	6.41 mg/g	Azufre	7.14mg/g
Potasio	13.80 mg/g	Potasio	12.54 mg/g
Proteína	11.16 mg/g	Proteína	10.92 mg/g

Dutta D, et al., (2013) Comparison of nutrients in transgenic and non-transgenic cabbage (*Brassica oleracea*. L) for bio-safety evaluation.

Obtenidos estos resultados se puede tener un acercamiento inicial de las variaciones que puede tener el alimento genéticamente modificado que para este caso comparado con el alimentos no transgénico, se concluye que no existe una diferencia estadísticamente significativa en cuanto a los valores obtenidos para los nutrientes evaluados, por lo cual se puede decir que su aporte nutricional no sufre alteración derivado de la modificación genética.

Igualmente se han realizado estudios comparativos para otro tipo de alimentos modificados genéticamente como muestra el estudio realizado al arroz modificado genéticamente mediante la inserción del gen ferritina de la soja, para lograr obtener mayor contenido de hierro en los granos de arroz ya que el arroz es uno de los alimentos más consumidos en el mundo debido es una fuente importante de energía (Stein et al., 2008) y el hierro es un nutriente esencial para los seres humanos, y debe estar disponible en la dieta para un crecimiento y desarrollo adecuados (Dipak et al., 2013). Aun el arroz teniendo modificaciones genéticas para aumentar el contenido de

un nutriente específico se debe garantizar que el resto de nutrientes deben tener equivalencia sustancial con su contraparte no transgénico. Por tal razón en este estudio se determinó la diferencia en la composición nutricional para el arroz transgénico y el arroz no transgénico realizando la valoración de los diferentes grupos nutricionales, proteínas, carbohidratos, lípidos, minerales, aminoácidos, ácidos grasos y vitaminas utilizando las metodologías analíticas adecuadas para la valoración de cada uno de los elementos objeto del estudio, tanto el arroz transgénico como el no transgénico fueron cultivados bajo las mismas condiciones climáticas y agronómicas para eliminar posibles interferencias en los resultados (Dipak et al., 2013). Tal como lo muestra en la tabla N° 4 los resultados obtenidos en la cuantificación de los nutrientes.

Tabla 4. Variación nutricional arroz transgénico

Componente	Arroz integral			Arroz procesado		
	NO transgénico	Transgénico	Valor de referencia	NO transgénico	Transgénico	Valor de referencia
Análisis proximal						
Proteína (mg/g)	8.49	8.61	7.1 - 8.3	8.18	8.26	6.3 – 7.1
Carbohidratos (mg/g)	86.81	84.51	72.9-75.9	89.0	86.74	76.7 – 78.4
Lípidos(mg/g)	2.25	2.20	1.6 – 2.8	1.58	1.55	0.3 – 0.5
Contenido de minerales						
Sodio (mg/100 g)	2.65	2.63	2 – 40	1.65	1.77	0.6 – 10
Potasio (mg/100 g)	290.83	289.5	70 – 320	251.73	252.8	80 – 150
Cobre (mg/100 g)	0.32	0.35	01 – 0.7	0.29	0.29	0.2 – 0.3
Manganeso (mg/100 g)	1.77	1.98	0.2 – 4.2	1.22	1.29	0.7 – 2.0
Magnesio(mg/100 g)	110.5	104.7	20 – 170	83.0	83.6	20 – 60
Hierro(mg/100 g)	1.57	2.01	0.2 – 6.0	0.65	1.6	0.2 – 3.3
Zinc(mg/100 g)	3.01	3.35	0.7 – 3.3	2.34	2.75	0.7 – 2.7
Contenido de aminoácidos (% proteína)						
Alanina	3.82	5.53	5.8	5.37	5.41	5.6 – 5.8
Arginina	7.17	7.27	8.5 – 10.5	7.37	7.38	8.6 – 8.7
Acido aspártico	10.11	10.12	9.0 - 9.5	10.02	10.03	9.1 – 9.6
Cisteína	1.14	0.95	2.2 – 2.4	1.18	1.13	1.8 – 2.6
Acido glutámico	21.89	19.59	16.9 – 17.6	19.49	20.0	18.3 – 18.5
Glicina	5.02	4.99	4.7 – 4.8	4.93	4.93	4.5 – 4.8
Histidina	2.78	2.17	2.4 – 2.6	2.07	2.0	2.3 – 2.7
Isoleucina	4.96	4.73	3.6 – 4.6	4.73	4.68	3.7 – 4.8
Leucina	7.98	8.20	8.3 – 8.9	8.22	8.27	8.4 – 8.6
Lisina	3.15	2.92	3.9 – 4.3	2.87	2.78	3.4 – 4.2
Metionina	1.17	2.07	2.3 – 2.5	1.94	1.62	2.3 – 3.0

Fenilalanina	5.43	5.43	5.0 – 5.3	5.46	5.44	5.3 – 5.9
Prolina	4.04	4.25	4.8 – 5.1	4.42	4.48	4.6 – 5.1
Serina	4.57	4.35	4.8 – 5.8	4.47	4.44	5.3 – 5.9
Treonina	2.35	3.45	3.9 – 4.0	3.43	3.41	3.7 – 3.9
Tirosina	4.19	3.93	3.8 – 4.6	4.01	3.93	4.4 – 5.5
Valina	10.13	10.17	5.0 – 6.6	10.19	10.22	4.9 – 6.8
Ácidos grasos						
Ácido palmítico	17.92	17.46	N.R	19.98	18.56	N.R
Ácido palmitoleico	0.36	0.33	N.R	0.43	0.40	N.R
Ácido esteárico	3.15	2.76	N.R	4.44	3.77	N.R
Ácido oleico	29.06	28.34	N.R	24.74	25.47	N.R
Ácido linoleico	41.74	41.35	N.R	42.22	42.0	N.R
Ácido linolenico	3.35	3.65	N.R	3.02	3.06	N.R
Vitaminas y antinutrientes						
Tiamina (mg/100g)	0.53	0.51	0.29 – 0.61	0.32	0.23	0.02 – 0.11
Niacina (mg/100g)	4.81	4.86	3.5 – 5.3	3.46	3.5	1.3 – 2.4
Vitamina E (mg/100g)	1.20	1.31	0.9 – 2.5	0.18	0.21	Trazas – 0.3
Ácido fólico (mg/100g)	1.21	1.17	0.72 – 1.20	0.76	0.63	0.1 – 0.3

Dipak et al., (2013), Comparative analysis of nutritional compositions of transgenic high iron rice with its non-transgenic counterpart

De acuerdo con Dipak G y sus colaboradores (Dipak et al., 2013), se demostró efectivamente el aumento del contenido de hierro en el arroz transgénico además del aumento en el contenido de cinc debido a la naturaleza de compartir el mismo transportador. Aun después del pulido del arroz el contenido de ambos minerales se mantiene más alto que el arroz integral no transgénico. Adicional a esto se logró determinar las diferencias presentadas entre los grupos de nutrientes evaluados para el arroz transgénico y el arroz no transgénico evidenciando así la equivalencia sustancial de ambos alimentos sin existir diferencias estadísticamente significativas con excepción de los minerales hierro, zinc, cobre, manganeso, aminoácido Acido glutámico y vitamina E. nutrientes que se mantienen más altos en el arroz insertado con el gen ferritina sin embargo, mantenidos dentro de los valores medios de referencia, por lo tanto sobre la base del principio de equivalencia sustancial según lo propuesto por la OMS, este estudio respalda la conclusión que los componentes nutricionales de arroz transgénico ferritina están bien dentro de la gama de los valores reportados para otras líneas comerciales(Dipak et al., 2013).

Adicional a esto se evaluaron también los cambios generados en la composición nutricional del arroz al cual se le han realizado otro tipo de modificaciones genéticas, como es el caso de plantas de arroz resistentes a enfermedades producidas por hongos que se producen durante el crecimiento de la planta y en donde se introducen genes antifúngicos (Zhe et al., 2010) por tal motivo se trata de evaluar la composición nutricional de aminoácidos, ácidos grasos y vitaminas como compuestos

representativos de la planta, garantizando la seguridad de las plantas transgénicas por el principio de la equivalencia sustancial. En este estudio se realizaron los análisis de composición por técnicas analíticas de alta confiabilidad como son, Resonancia magnética nuclear (RMN), la reflectancia en el infrarrojo cercano (NIR), cromatografía-espectrometría de masas de gases (GC-MS) y cromatografía líquida de alta resolución (HPLC), con metodologías adecuadas para garantizar los resultados tanto de las plantas transgénicas como las no transgénicas. Las muestras utilizadas fueron tres tipos de arroz transgénico (*O sativa* L. ssp. *Índica*) (*O. sativa* L. Kefeng) con diferentes genes de resistencia y tres contrapartes no transgénicos los cuales fueron cultivados bajo las mismas condiciones climáticas y agronómicas, en los cuales se obtuvieron los siguientes resultados tal como se reportan en la tabla N°5. (Zhe et al., 2010)

Los resultados mostraron algunos cambios que ocurrieron en la composición del arroz transgénico: nutrientes como proteínas, tres aminoácidos, dos ácidos grasos, dos vitaminas, y varios elementos variados en diferentes grados en el arroz transgénico, mientras que antinutrientes el ácido fólico no cambiaron significativamente. De acuerdo con el principio de equivalencia sustancial, se requieren que estos componentes sean evaluados en el arroz transgénico para evaluar el efecto no deseado de genes extraños a las vías metabólicas. Las disminuciones significativas de contenido de vitamina E en semillas de arroz transgénico grupo 1, contenido de proteína en las semillas de arroz transgénico grupo 2, y el contenido de aminoácidos en arroz transgénico grupo 3 proporcionaron información alarmante con respecto al valor nutricional del arroz transgénico. Por lo tanto, se debe evaluar en estudios posteriores mediante pruebas nutricionales y toxicológicas más detalladas estos cambios en la composición de

alimentos transgénicos con el fin de evaluar la seguridad de las practicas biotecnológicas (Zhe et al., 2010).

Tabla 5. Equivalencia sustancial arroz transgénico

Componente	Grupo 1		Grupo 2		Grupo 3		Valor de referencia
	Arroz no Transgénico	Arroz transgénico	Arroz no Transgénico	Arroz transgénico	Arroz no Transgénico	Arroz transgénico	
Aminoácidos gramos / 100 g							
Alanina	0.55	0.73	0.57	0.50	0.58	0.35	0.47
Glicina	0.51	0.29	0.44	0.34	0.47	0.13	0.39-0.69
Treonina	0.42	0.37	0.38	0.45	0.39	0.34	0.26 – 0.35
Valina	0.62	0.52	0.57	0.68	0.59	0.46	0.44 – 0.58
leucina	0.91	0.94	0.84	0.78	0.86	0.78	0.60 – 0.68
isoleucina	0.43	0.28	0.39	0.42	0.41	0.31	0.30 – 0.43
Prolina	0.54	0.49	0.49	0.41	0.51	0.53	0.37
Acido aspártico	0.97	0.82	0.89	0.77	0.92	0.83	0.81
Fenilalanina	0.50	0.38	0.41	0.35	0.55	0.51	0.34 – 0.42
Tirosina	0.43	0.62	0.39	0.58	0.86	0.51	0.26 – 0.71
Acido glutámico	1.51	1.48	1.44	1.27	1.64	1.27	1.59
Ácidos grasos							
ácido tetradecanoico (C14: 0)	0.30	0.31	0.30	0.33	0.30	0.26	N.R
ácido heptadecanoico (C17: 0)	0.27	0,37	0.46	0.31	0.33	0.30	N.R
ácido hexadecanoico (C16: 0)	17.77	16.68	16.41	17.79	16.27	13.81	N.R
0-undecenoico (C11: 1)	0.28	0.29	0.35	0.47	0.36	0.44	N.R
Ácido 9,12-octadecadienoico (C18: 2)	30.23	33.00	29.28	29.88	29.11	30.09	N.R
Ácido 9-octadecenoico (C18: 1)	46.13	43.05	48.07	45.70	48.94	48.90	N.R
Ácido 10-octadecenoico (C18: 1)	0.42	1.03	1.08	1.13	1.31	1.36	N.R
ácido octadecanoico (C18: 0)	0.52	0.53	0.52	0.56	0.51	0.43	N.R
etanol, 2- (9,12-octadecadienyloxy) - (C18: 2)	0.55	0.57	0.51	0.52	0.50	0.52	N.R
Ácido 9-octadecenoico (C18: 1)	0.23	0.36	0.38	0.40	0.46	0.48	N.R
eicosatrienoico (C20: 3)	1.01	1.43	0.63	0.86	0.74	1.13	N.R
ácido octadecatrienoico (C18: 3)	1.15	1.20	1.40	1.54	1.27	1.49	N.R

3)							
ácido docosanoico (C22: 0)	0.56	0.66	0.60	0.56	0.34	0.70	N.R
ácido tetracosanoico (C24: 0)	0.52	0.55	0.84	0.86	0.49	0.86	N.R
Elementos							
P (mg / g)	1.87	2.01	1.84	2.02	2.89	2.97	2.0-5.0
K (mg / g)	2.64	3.20	2.43	3.28	2.34	2.57	0.7-3.2
Fe (mg / 100 g)	1.08	1.31	0.56	0.71	0.82	0.42	0.2-6.0
Na (mg / 100 g)	7.34	7.68	7.71	7.96	6.83	7.06	2.0-40
Zn (mg / 100 g)	2.95	3.23	3.04	3.61	3.44	3.65	0.7-3.3
Vitaminas							
Vitamina B ₁	0.37	0.46	0.34	0.32	0.37	0.29	0.14 a 0.38
Vitamina B ₂	0.09	0.10	0.07	0.09	0.10	0.10	0.04-0.13
Vitamina B ₃	4.32	3.74	4.05	3.41	4.78	3.14	1.46-6.50
Vitamina B ₆	0.70	0.82	0.74	0.63	0.72	0.53	0.5-0.9
Vitamina E	2.14	0.92	1.34	1.68	1.56	1.60	0.67-3.47
Proteína y Antinutriente							
Proteína bruta (g / 100 g)	10.21	11.37	9.38	7.03	9.68	8.68	06.07 - 08.09
Ácido fítico (g / 100 g)	0.26	0.25	0.28	0.26	0.29	0.30	0.1- 0.3

Zhe Jiao, et al., (2010) Unintended Compositional Changes in Transgenic Rice Seeds (*Oryza sativa* L.) Studied by Spectral and Chromatographic Analysis Coupled with Chemometrics Methods *Journal of Agricultural and Food Chemistry*

Evaluación nutricional de los alimentos orgánicos

Actualmente en muchos mercados se comercializan los alimentos orgánicos como una alternativa a los alimentos convencionales o genéticamente modificados dado que estos últimos pueden generar percepción de riesgos para la salud debido a las técnicas de agricultura utilizada además de considerar que los alimentos orgánicos son nutricionalmente mejores.

Por lo tanto se generan polémicas tratando a defender la practica orgánica argumentando que al disminuir la exposición a elementos contaminantes a largo plazo se tendrá mejor estado de salud y algunos a desmentir ciertas creencias ya que no hay suficientes estudios científicos que demuestren la superioridad de los alimentos orgánicos en comparación con los alimentos convencionales (Yaso, 2006).

Se ha tratado de determinar las diferencias existentes entre la composición nutricional de los alimentos orgánicos y los alimentos convencionales, encontrando diferencias significativas, en donde algunos nutrientes presentes en verduras, frutas y granos tienen porcentajes más altos, tal como lo muestra la Tabla N° 6.

Tabla 6. Diferencias nutricionales de alimentos orgánicos

Componente	Porcentaje (%) de aumento en el alimento orgánico vs alimento convencional.
Materia seca	+26
Potasio	+ 13
Calcio	+56

Magnesio	+49
Hierro	+ 290
Cobre	+ 34
Manganeso	+ 28
Proteína	+ 12
Aminoácidos	+ 35
Nitratos	+ 69
Fosforo	+ 6

Yaso S, (2006), Going organic - is it nutritionally better?.

Por otra parte el cultivo de frutas y hortalizas de la agricultura orgánica reporta niveles más altos de flavonoides como un mecanismo de defensa natural contra las plagas. Los flavonoides juegan un papel importante en la prevención de las enfermedades del corazón y cáncer. Igualmente productos orgánicos contendrá más antioxidantes como el licopeno (de los tomates) y fito-nutrientes como los taninos (Yaso S, 2006). Muchos de estos componentes son producidos por las plantas como las respuestas de estrés o mecanismos de protección contra plagas dañinas o condiciones de crecimiento adversas.

Otro factor importante para tener en cuenta a la hora de evaluar la composición nutricional de los alimentos es las condiciones a las cuales estos son cultivados clima, altura, prácticas agrícolas. Igualmente alimentos de origen animal también varían en su composición nutricional dependiendo de factores como la edad y raza del animal, el régimen de alimentación y la estación de producción. También la variabilidad en el contenido de nutrientes de los alimentos crudos, se aumenta aún más durante su almacenamiento, transporte y procesamiento previo para el consumo (Dangour et al., 2010).

De igual manera se han estudiado algunas diferencias en cierto tipo de nutrientes y se logró identificar que el contenido de nitrógeno en los alimentos producidos convencionalmente es más alto que en los alimentos orgánicos debido a la utilización de fertilizantes sintéticos de Nitrógeno, por otro lado el contenido de fosfato en los alimentos orgánicos es mayor que en los convencionales esto probablemente debido a los contenidos de nutrientes del suelo y los regímenes de producción, igualmente se encontró diferencia significativa para cierto tipo de nutriente como son: vitamina C, compuestos fenólicos, magnesio y zinc presentando mayor proporción en los alimentos orgánicos (Dangour et al., 2010).

Tal como lo expresa Christine (Christine & Williams, 2002), es muy poca la información relevante para confirmar diferencias estadísticamente significativas donde afirmen que los alimentos orgánicos son nutricionalmente más saludables que los alimentos convencionales, si bien no hay informes en la literatura de estudios de intervención controlados en humanos. La comparación de los resultados de salud en poblaciones que habitualmente consumen alimentos orgánicos y producidos convencionalmente está viciada por el gran número de factores de confusión que podrían contribuir a las diferencias reportadas. En los estudios consultados se encuentra que en el caso de las vitaminas del grupo B, oligoelementos, minerales, vitamina A de los alimentos orgánicos comparados con los alimentos convencionales no se encontraron diferencias estadísticamente

significativas, sin embargo el 50% de los reportes informan que el contenido de vitamina C en alimentos orgánicos es notablemente más alto (28%) comparado con los alimentos convencionales, especialmente en los alimentos de hojas verdes (Christine & Williams, 2002).

De acuerdo con Walter J y Crinnion (Walter & Crinnion, 2010), se han reportado estudios en los cuales se evalúa el contenido nutricional de los alimentos orgánicos comparados con los alimentos convencionales centrados principalmente las vitaminas y minerales, en donde se encontró que los alimentos orgánicos contienen 21% más de hierro, 29% más de magnesio, 27% más de ácido ascórbico, 13.5% más fosforo. Igualmente el contenido de Fito-nutrientes fue evaluado incluyendo carotenoides, flavonoides, polifenoles gracias a su propiedad antioxidante. Los resultados encontrados como se muestran en la tabla N° 7.

Tabla 7. Evaluación nutricional alimentos orgánicos

Alimento	Nutriente evaluado	Resultado
Patatas en Checoslovaquia	Ácido ascórbico; ácido clorogénico	Las patatas orgánicas presentaron mayores contenidos que el no orgánico
Arándanos	Azúcares, ácido málico, fenoles totales, y antocianinas.	Todos los nutrientes probados fueron mayores en los arándanos cultivados orgánicamente que en los convencionales.
Fresas, bayas Marion, y maíz de una granja orgánica en Oregón	Ácido ascórbico y Polifenoles totales	Los tres alimentos presentaron cantidades significativamente más altas de ácido ascórbico y Polifenoles totales que sus contrapartes

		convencionales.
Grosellas negras de cinco granjas convencionales y tres granjas orgánicas en Finlandia.	Polifenoles totales	Pequeñas cantidades pero no estadísticamente diferentes de los Polifenoles totales de granjas orgánicas (4,73 frente a 4,24 g / kg).
Uvas Syrah de Francia	Contenido de antocianinas	Convencionalmente uvas cultivadas tenían mayores niveles de antocianinas; no información de la historia de los viñedos orgánicos
El jugo de uva de Brasil	Polifenoles totales; resveratrol	Niveles significativamente más altos de Polifenoles totales y resveratrol en jugo orgánico
Manzanas Golden	Actividad antioxidante total, Polifenoles.	15 por ciento más que las manzanas convencionales en los primeros 2 años ninguna diferencia en el tercer año.
Ciruelas	Ácido ascórbico, alfa y gamma-tocoferol, beta-caroteno; Polifenoles totales	Los huertos orgánicos fueron más altos: ascorbato, tocoferoles, y beta-caroteno; los Polifenoles totales fueron más altos en las ciruelas de granjas convencionales.
Melocotones y peras (estudio de tres años; huertos de cinco años de edad)	Actividad antioxidante total, polifenoles totales, ácido ascórbico	Los polifenoles totales y ácido ascórbico fueron superiores en alimentos orgánicos.
Rojos naranjas procedentes de Italia	Polifenoles totales, antocianinas totales, ascórbico	Las naranjas orgánicas tenían niveles más altos de polifenoles totales, antocianinas totales y ácido ascórbico.

Las variedades de trigo de la India	Proteínas, almidones y gluten	El trigo orgánico mostró superioridad en proteína y almidón digestible, y más bajo en gluten.
La avena de Suecia	Polifenoles totales	No hubo diferencias significativas entre lo orgánico y no orgánico.
Leche	Omega-3 los ácidos grasos (ácido alfa linoleico) [ALA] y ácido eicosapentaenoico}	Ganado lechero criados orgánicamente produjeron mayores niveles de omega-3.
Queso Grana Padano de Italia	CLA ácido linoleico Conjugados	Mayores niveles de CLA y ALA en muestras de queso a partir de leche orgánica.

Christine & Williams (2002). Nutritional quality of organic food: shades of grey or shades of green.

Si bien hay muy pocos estudios que determinen la calidad de los nutrientes en los alimentos orgánicos y convencionales se ha logrado identificar algunas diferencias en ciertos nutrientes y puede ser de mayor aceptación por parte del consumidor el alimento orgánico debido a la mayor cantidad de materia seca lo que puede modificar las características sensoriales, sin embargo no hay suficiente información para afirmar que una persona alimentada con alimentos orgánicos va a tener más beneficios de salud comparado con una persona alimentada con alimentos convencionales, igualmente es importante recordar que una alimentación en la cual tengamos menor exposición a sustancias dañinas para el cuerpo humano a largo plazo puede verse reflejado en menor incidencia de enfermedades relacionadas con cáncer y daño celular.

Conclusiones

Es de gran importancia saber cuál es el origen y la calidad de los alimentos que consumimos a diario más aun en un tiempo en el cual surgen nuevas tecnologías y avances de la ciencia en donde se trata de optimizar al máximo la producción de alimentos para lograr suplir de dieta de los seres humanos. Es aquí donde se dice que la biotecnología es una promesa para la alimentación del mundo ya que la población sigue creciendo enormemente año tras año y resulta difícil abastecer el mundo con alimentos convencionales. El Grupo Consultivo para la Investigación Agrícola Internacional dice, "la productividad agrícola mundial podría aumentar hasta en un 25 por ciento a través del uso de la biotecnología para cultivar plantas resistentes a plagas y enfermedades, tolerar duras condiciones de cultivo y el retraso de maduración para reducir el deterioro." Sin embargo, los críticos señalan que ya existe suficiente comida para proveer a cada persona en el mundo 4,3 libras de alimento todos los días, sin transgénicos, según un informe de la Universidad de California-Berkeley" (Deneen, 2003). De igual manera los datos obtenidos para la seguridad en el consumo de los alimentos transgénicos no son totalmente concluyentes a largo plazo, teniendo en cuenta que si se realizan de manera responsable las pruebas de inocuidad para dichos alimentos es una alternativa bastante prometedora para la nutrición humana ya que se pueden realizar cambios que son benéficos para la salud en el caso de expresión de genes para aumentar el contenido de ciertos nutrientes.

En el otro lado del debate, los partidarios de un punto de revolución orgánica dicen que las técnicas orgánicas en realidad puede aumentar el rendimiento de los cultivos en un 46 al 150 por ciento. Argumentando que la agricultura ecológica ofrece el desarrollo de un excelente potencial mundial de alto rendimiento, una mayor diversidad de cultivos, protección contra plagas y mejor contenido nutricional. Efectivamente mostrando mayor aceptación por parte del consumidor en cuanto a la calidad sensorial y tratando a evitar el consumo de alimentos con altas cargas de contaminantes como pesticidas y plaguicidas que a largo plazo puede lograr disminuir la incidencia de enfermedades cancerígenas, si bien presentan mayor contenido de algunos nutrientes específicos y menor cantidades de contaminantes hacen falta estudios que argumenten la ventaja de los alimentos orgánicos frente a los convencionales o transgénicos y evaluar efectivamente la capacidad de abastecimiento para combatir el hambre de la población mundial.

Referencias

Ashleigh, L., Elena, V., Paula, W. (2012). Prevalence of Cardiovascular Disease Risk Factors Among US Adolescents. *Pediatrics* 129(6), 1053-1041.

Baker, B., Benbrook, C., Groth, E., Benbrook, K. (2002). Pesticide residues in conventional, integrated pest management (IPM)-grown and organic foods: insights from three US data sets. *Food Addit Contam.* 19 (5),427-446.

Bala, G. (2013). Organic Food. Recuperado de: <http://www.ifst.org/knowledge-centre/information-statements/organic-food>.

Barros, E., Lezar, S., Anttonen, M., Van, D., Röhlig, R., Kok, E., Engel, K. (2010). Comparison of two GM maize varieties with a nearisogenic non-GM variety using transcriptomics, proteomics and metabolomics. *Plant Biotechnol J* 8(4):436-51.

Acosta, J., Diaz, J., Domingo, E., Leva, M., Luengo, L., De Mier, A. (2009), *Biología y Geología*, 8.1. Recuperado de <http://recursostic.educacion.es/secundaria/edad/4esobiologia/>.

Borlaug, N., (2000). The green revolution revisited and the road ahead. 30 year anniversary lecture by a Nobel Peace Prize Laureate. Recuperado de http://www.nobelprize.org/nobel_prizes/peace/laureates/1970/borlaug-lecture.pdf.

Christine, M. & Williams, C. (2002). Nutritional quality of organic food: shades of grey or shades of green. *Proceedings of the Nutrition Society* 61, 19–24.

Costa-Font, M., Gil, J, Traill, B. (2007). Consumer acceptance, valuation of and attitudes towards genetically modified food, *Food Policy* 33, 99-111.

Dangour, A., Lock, K., Hayter, A., Aikenhead, A., Allen, E., Uauy, R. (2010). Nutritional composition & health benefits of organic foods - using systematic reviews to question the available evidence, *Indian J Med Res* 131, 478-480.

David, S. (2004). British Medical Association Genetically modified foods and health: a second interim statement. Recuperado de: <http://www.argenbio.org/adf/uploads/pdf/bma.pdf>.

Deneen, S. (2003). Food Fight Genetic Engineering vs. Organics: The Good, the Bad and the Ugly, Organic Consumers Association. Recuperado de: http://www.organicconsumers.org/ge/ge_vs_organic.cfm.

Dipak, G., Nath, S., Swapan, K., Datta, K. (2013). Comparative analysis of nutritional compositions of transgenic high iron rice with its non-transgenic counterpart, *Food Chemistry*, 138, (2–3), 835–840.

Dunwell, J. (2014). Transgenic cereals, Current status and future prospects, *Journal of Cereal Science* 59, 419 – 434

Dutta, D., et al. (2013). Comparison of nutrients in transgenic and non-transgenic cabbage (*Brassica oleracea*. L) for bio-safety evaluation, *Intl. J. Agric. Env. Biotech.* 6(1), 11-14.

Ellsworth, J. (2001). The History of Organic Food Regulation. Recuperado de: <http://nrs.harvard.edu/urn-3:HUL.InstRepos:8889458>.

Engel, S., O'Meara, S. & Schwartz, S. (2000). Maternal occupation in agriculture and risk of limb defects in Washington State, 1980-1993, *Scand J Work Environ Health* 2000; 26(3), 193-198.

European Food Safety Authority (s.f). Recuperado el 05 de octubre de 2014 en <http://www.efsa.europa.eu/en/topics/topic/gmo.htm>.

FAO. (2000). Food safety and quality as affected by organic farming, twenty second fao regional conference for europe, porto, portugal. Recuperado de: <http://www.fao.org/docrep/meeting/X4983e.htm>

FAO. (2003). Guideline for the conduct of food safety assessment of foods produced using recombinant-dna microorganisms, Recuperado de: http://www.fao.org/fileadmin/user_upload/gmfp/resources/CXG_046e.pdf

Food and Agricultura Organization of The United Nations (s.f). *Organic agriculture* Recuperado de: <http://www.fao.org/organicag/oa-faq/oa-faq4/en/>.

Forman, J. & Silverstein, J. (2012). Organic Foods: Health and Environmental Advantages and Disadvantages, *American Academy of Pediatrics* 130 (5), 1406-1415.

Ghidini, S., Zanardi, E., Battaglia A, Varisco G, Ferretti E, Campanini G, Chizzolini R. (2005). Comparison of contaminant and residue levels in organic and conventional milk and meat products from Northern Italy. *Food Addit Contam.* 22(1) 9-14.

Gordon, J. & Ruddle, F. (1981). Integration and stable germ line transmission of genes injected into mouse pronuclei. *Science* 214(4526), 1244-1246.

Griffiths, A., Gelbart, W. & Miller, J. (1999). Modern Genetic Analysis. New York: W. H. Freeman Making Recombinant DNA. Recuperado de: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK21407/>

Gutiérrez, R., et al. (2013). Evaluación de aflatoxina M1 en leche orgánica producida en Tecpatán, Chiapas, México, *Rev. Salud Anim.* 35 (1), 33-37.

Hansen, B., Alroe, H. & Kristensen, E. (2001). Approaches to assess the environmental impact of organic farming with particular regard to Denmark. *Agric Ecosyst Environ.* 83(1–2). 11–26.

IARC Working Group on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans., International Agency for Research on Cancer., & World Health Organization. (2002). *Some traditional herbal medicines, some mycotoxins, naphthalene and styrene.* Lyon, France: International Agency for Research on Cancer. Recuperado de: <http://monographs.iarc.fr/ENG/Monographs/vol82/mono82.pdf>

James, C. (2013). *Global status of commercialized biotech/GM crops: 2013.* Ithaca, NY: International Service for the Acquisition of Agri-biotech Applications (ISAAA). Recuperado de: <http://www.isaaa.org/resources/publications/briefs/46/>

Heckman, J. (2006). A history of organic farming: Transitions from Sir Albert Howard's War in the Soil to USDA National Organic Program. *Renewable Agriculture and Food Systems* 21, 143-150

Jackson, P., Taylor, V., Karagas, M., Punshon, T., Cottingham, K. (2012). Arsenic, Organic Foods, and Brown Rice Syrup, *Environmental Health Perspectives*, 120 (5), 623-626.

Jiao, Z., Jianchao, D., Gongke, L., Zhuomin, Z., Zongwei, C. (2010), Study on the compositional differences between transgenic and non-transgenic papaya (*Carica papaya* L.), *Journal of Food Composition and Analysis*, 23, 640–647.

Julie, A., Steve, L., Jeffrey, A., Laurie, A & Robert K. (1996). Identification of a Brazil-nut allergen in transgenic soybeans. *N Engl J Med* 334: 688-692.

Jensen, K., O'Doherty, S., Denver, R., & Zanolli. (2011). Actual and potential development of consumer demand on the organic food market in Europe, *Wageningen Journal of Life Sciences*, 58 (3–4), 79–84.

Key, S., Ma, JK. & Drake, P. (2008). Genetically modified plants and human
König A, Cockburn A, Crevel RW, Debruyne E, Grafstroem R, Hammerling U, Kimber I., Wal JM. (2004). Assessment of the safety of foods derived from genetically modified (GM) crops, *Food and Chemical Toxicology*, 42 (7), 1047–1088.

Kramkowska, M., Grzelak, T. & Czyżewska, K. (2013). Benefits and risks associated with genetically modified food products, *Annals of Agricultural and Environmental Medicine*, 20 (3), 413–419.

Ladics, G. & Selgrade, M. (2009). Identifying food proteins with allergenic potential: Evolution of approaches to safety assessment and research to provide additional tools, *Regulatory Toxicology and Pharmacology*, 54, 52–56.

Lotter, D.W. (2003). Organic agriculture. *J. Sustain. Agric.* 21(4), 1-63.

Martínez, A., Brugarolas, M., Gomis, F., Martínez, L., & Martínez, C. (2009). Consumer-perceived risk model for the introduction of genetically modified food in Spain, *Food Policy* 34, 519-528.

Maryse, F., David, C., Wright, R. & Weisskopf M. (2010). Attention Deficit/Hyperactivity Disorder and Urinary Metabolites of Organophosphate Pesticides, *Pediatría* 125 (6) 01, 1270 – 1277.

McMillan, M. & Thompson JC. (1979). An outbreak of suspected solanine poisoning in school boys: examinations of criteria of solanine poisoning. *Q J Med*; 48, 227–43.

Min, Z., Qin, Z., Yuan, T., Jianhua, P. & Yang, X. (2014). Long-term toxicity study on transgenic rice with Cry1Ac and sck genes, *Food and Chemical Toxicology*, 63, 76–83.

Mohamad, S., Rusdi, S. & Hashim, N. (2014). Organic Food Consumption Among Urban Consumers: Preliminary Results, *Social and Behavioral Sciences* 130, 509 – 514.

Muñoz, O. & Peña, R. (1992). Química de la flora de Chile, “Solanaceae” *Universidad de Chile*. 189-212.

Olivero, R., Aguas, Y. & Cury, K. (2008). beneficios y riesgos, de los alimentos transgénicos, situación en el mercado colombiano, Grupo de Investigación Gestión Integral de Procesos, *Medio Ambiente y Calidad-GIMAC*, 4.

Ozguven, N. (2012). Organic foods motivations factors for consumers, *Procedia - Social and Behavioral Sciences* 62, 661-665.

Páez, A. (2003). Manejo del virus de la mancha anular de la papaya en la región caribe colombiana Boletín técnico 8, 2.

Phillips, S. C. (1994). Genetically engineered foods: do they pose health and environmental hazards? *CQ Researcher*; 4 (29), 673–96.

Prati, G., Pietrantoni, L. & Zani, B. (2012). The prediction of intention to consume genetically modified food: Test of an integrated psychosocial model. *Food Quality and Preference*, 25(2), 163-170.

Pryme, L. & Lembcke, R. (2003). In vivo studies on possible health consequences of genetically modified food and feed—with particular regard to ingredients consisting of genetically modified plant materials. *Nutrition and Health* 17, 1–8.

Rod, A. & Ekmay, R. (2014). Do whole-food animal feeding studies have any value in the safety assessment of GM crops?, *Regulatory Toxicology and Pharmacology*, 68 (1), 171–174.

Schardt, D. (1994). Brave new foods (genetically engineered foods). *Amer Health* 13(1), 60.

Sifferlin, A. (2014). Is Organic Food Really Healthier?, *time* 28, 1.

Stein, A., Meenakshi, J., Qaim, M., Nestel, P., Sachdev, N. & Bhutta, Z. (2008). Potential impacts of iron biofortification in India, *Social Science & Medicine*, 66, 1797–1808.

Thayer, A. (1999). Transforming agriculture: transgenic crops and the application of discovery technologies are altering the agrochemical and agriculture businesses. *Chemical&Eng News* 77(16), 21–35.

Tuomisto, H., Hodge, I., Riordan, P. & Macdonald, D. (2012). Does organic farming reduce environmental impacts? – A meta-analysis of European research, *Journal of Environmental Management*, 112 (15), 309–32.

Uzogara, S. G. (2000). The impact of genetic modification of human foods in the 21st century. *Biotechnology Advances*, 18(3), 179–206.

Vélez, G. (2001). Los alimentos transgénicos en Colombia. Riesgos e impactos en la agricultura y la salud humana. *Semillas (16-17)*: 2- 9.

Watson, J., Gilman, M., Witkowski, J. & Zoller, M. (1992). *Recombinant DNA*, New York, 2nd ed, Freeman & Co.

Winter, C. & Davis, F. (2006). Organic foods. *J Food Sci.* 71 (9), R117–R124.

Xiao, Yu., et al. (2009). A 90-day toxicology study of transgenic lysine-rich maize grain (Y642) in Sprague–Dawley rats, *Food and Chemical Toxicology*, 47, 425–432.

Xiaozhe, Qi., et al. (2015). Safety assessment of genetically modified rice expressing human serum albumin from urine metabonomics and fecal bacterial profile, *Food and Chemical Toxicology*, 76, 1–10.

Yaso, S. (2006), Going organic - is it nutritionally better?, *Primary health care* 16 (3), 37-40.

Ye, M., Beach J., Martin J. & Senthilselvan A. (2013). Occupational Pesticide Exposures and Respiratory Health. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 10(12), 6442–6471.

Yong L., Liu Y., Jia X., Li N. & Zhang, W.(2012). Subchronic toxicity study of GH transgenic carp, *Food and Chemical Toxicology*, 50, (11), 3920–3926.

Zhe Jiao, Xiao-xi Si, Gong-ke Li, Zhuo-min Zhang, & Xin-ping Xu, (2010) Unintended Compositional Changes in Transgenic Rice Seeds (*Oryza sativa* L.) Studied by Spectral and Chromatographic Analysis Coupled with Chemometrics Methods *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 58 (3), 1746-1754.