

# UNIVERSIDAD NACIONAL DE TRUJILLO

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE

INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL



**TESIS:**

**Alimentos transgénicos que se consumen en el Perú y el mundo.**

**(Transgenic foods consumed in Peru and in the world)**

**AUTOR:** Br. Diana Mariyuri Mauricio Sandoval.

**ASESOR:** Ing. MSc. Carmen Rojas Padilla

**TRUJILLO – PERÚ**

**2015**

# **UNIVERSIDAD NACIONAL DE TRUJILLO**

## **FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS**

### **ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL**

#### **ALIMENTOS TRANSGÉNICOS QUE SE CONSUMEN EN EL PERÚ Y EL MUNDO.**

**(TRANSGENIC FOODS CONSUMED IN PERU AND IN THE WORLD)**

#### **TESIS**

**PARA OBTENER EL TÍTULO DE:**

**INGENIERO AGROINDUSTRIAL**

**PRESENTADO POR LA BACHILLER:**

**DIANA MARIYURI MAURICIO SANDOVAL**

**SUSTENTADO Y APROBADO ANTE EL HONORABLE JURADO:**

**PRESIDENTE** : Dr. Victor Vásquez Villalobos.....

**SECRETARIO** : M.Cs. Guillermo Alberto Linares Lujan.....

**MIEMBRO (ASESOR)** : MSc. Carmen Rojas Padilla.....

..

## DEDICATORIA

*En primer lugar doy gracias a Dios, por haberme permitido llegar hasta este punto y haberme dado salud para lograr mis objetivos, además de su infinita bondad y amor.*

*A mi madre Clara Sandoval por haberme apoyado en todo momento para poder culminar con éxito este trabajo de investigación, por sus consejos, sus valores, por la motivación constante que me ha permitido ser una persona de bien, pero más que nada, por su amor incondicional.*

*Este trabajo también va dedicado con inmenso amor y eterna gratitud a mi abuelita Adelfina Laguna y a mis hermanos por su paciencia, generosidad, comprensión y amor, que me brindan en todo momento.*

## AGRADECIMIENTOS

*Debo agradecer de manera especial y sincera a la Ing. MSc. Carmen Rojas Padilla, quién con sus conocimientos y apoyo supo guiar el desarrollo del presente trabajo.*

*A todos los docentes de la facultad de CC. AA., que de una u otra manera han contribuido con sus valiosas enseñanzas en mi formación profesional.*

## INDICE

RESUMEN .....	vi
ABSTRACT .....	viii
1. INTRODUCCIÓN .....	1
2. ALIMENTOS TRANSGENICOS .....	2
2.1. Tipos de transgenicos .....	2
2.2. Caracteres buscados en la transgenesis de la planta .....	4
2.3. Ventajas y desventajas de los alimentos transgenicos .....	6
3. SEGURIDAD ALIMENTARIA DE LOS ALIMENTOS TRANSGENICOS .....	7
4. IMPACTO EN LA SIEMBRA DE TRANSGENICOS.....	8
5. PERU Y LA SOCIEDAD CIVIL FRENTE A LOS TRANSGENICOS .....	10
6. LEGISLACION PERUANA.....	11
7. ALIMENTOS TRANSGENICOS QUE SE CONSUMEN EN EL PERU .....	13
8. ALIMENTOS TRANSGENICOS QUE SE CONSUMEN EN EL MUNDO.....	14
8.1. Lista de los alimentos y piensos MG autorizados en la UE.....	14
8.2. Lista de AGM aprobados para su uso y comercialización en argentina.....	18
8.3. Lista de AGM aprobados para su uso y comercialización en México.....	19
8.4. Alimentos genéticamente modificados aprobados en distintos países.....	20

8. MONSANTO y otras transnacionales.....	21
9. Evaluación de los efectos adversos de los AGM en la salud humana.....	23
10. APRECIACION CRITICA.....	25
11. CONCLUSIONES .....	28
12. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	29

BIBLIOTECA DE AGROPECUARIAS

## RESUMEN

El objetivo de la presente revisión es conocer los alimentos transgénicos es decir alimentos genéticamente modificados (AGM), que se consumen en el Perú y en el Mundo, a fin de informar a los consumidores que alimentos transgénicos se cultivan para luego ser comercializados. Los alimentos transgénicos más relevantes que han sido aprobados en diferentes países para su comercialización son: maíz, algodón, soja, colza y remolacha azucarera, etc. Estudios en modelos humanos para probar la inocuidad de los transgénicos son escasos, los análisis que se hicieron no se consideran confiables ya que tanto el tiempo como el número de personas fueron insuficientes. El único estudio a largo plazo fue realizado por el científico Serálini, el cual alimentó a ratas y ratones con maíz modificado NK603 por un período de dos años, sus resultados detectaron daños severos en riñones, hígado y pituitaria. Además se constataron problemas hepatorenales, desequilibrio de las hormonas sexuales y muerte prematura. En el Perú, con la Ley 29811, que entro en vigencia el 2011 lo único que se ha hecho es darnos un plazo de 10 años en los que no se permitirá el ingreso de semillas transgénicas al país. La asociación peruana de consumidores (ASPEC), dio a conocer que en el Perú se comercializan transgénicos como: Soya y avena santa catalina, quaker "Q-vital", soyandina 100% soya, leche 100% de Soya, los cuates picantes (tortillas de maíz) Karinto, salchicha San Fernando, maizena negrita, etc. ya que no existe ninguna obligación para etiquetar los productos que contengan alimentos transgénicos, estos se venden libremente en supermercados y tiendas.

**Palabras clave:** Alimentos transgénicos. GMO, OVM

## ABSTRACT

The aim of this review is to know the transgenic food that is genetically modified food (AGM), which are consumed in Peru and the world, in order to inform consumers that GM foods are grown before being marketed. The most relevant GM foods that have been approved in various countries for marketing are: corn, cotton, soybeans, rapeseed and sugar beets, etc. Human studies models to test the safety of GM are scarce, analyzes were not considered reliable because both the time and the number of persons were insufficient. The only long-term study was conducted by the scientific Séralini which rats and mice fed with modified NK603 for a period of two years, the results detected severe damage to kidneys, liver and pituitary corn. Hepatorenales noted problems addition, imbalance of sex hormones and premature death. In Peru, the Law 29811, which came into force in 2011 all that has been done is give us a period of 10 years in which GM seeds income of the country will not be allowed. The Peruvian Association of Consumers (ASPEC), announced that Peru GMOs are marketed as: Soya and Santa Catalina oatmeal, Quaker "Q-life" soyandina 100% soy, 100% Soy milk, spicy friends (omelettes corn) Karinto, sausage San Fernando, cornstarch bold, etc. since there is no obligation to label products containing genetically modified foods, they are freely sold in supermarkets and shops.

**Keywords:** transgenic foods. GMO, OVM



## 1. INTRODUCCIÓN

La biotecnología moderna se basa en el estudio de la manipulación genética de los organismos vivos permitiendo que una porción limitada e identificada de la constitución genética de un organismo se transfiera a otro de una manera más selectiva que como se hace en el mejoramiento genético tradicional; también traspasa las barreras de entrecruzamiento natural entre especies, e incluso posibilita la inserción de genes entre organismos de diferentes reinos. (Acevedo, 2009).

Producto de la biotecnología han surgido los Alimentos Genéticamente Modificados (AGM) o también llamados alimentos transgénicos, los cuales son cultivados y luego comercializados para ser consumidos por el público, sin embargo la mayoría de estas personas, no saben que lo que están consumiendo son alimentos cuyo material genético ha sido alterado por la tecnología del DNA recombinante. Estos AGM no nos brindan ninguna seguridad alimentaria confiable y pueden causar daños para nuestra salud, ser causantes de nuevas enfermedades, creadores de virus más resistentes a los antibióticos e inclusive tumores cancerosos nunca antes vistos y también producir daños en el medio ambiente.

Los AGM que se siembran a gran escala en diferentes países son la soya y el maíz, porque presentan mayor diversidad de usos, aplicaciones, formas y condiciones de producción. Además de sus innumerables usos directos como alimentos y forrajes, se han convertido en ingredientes fundamentales en productos industriales, en la obtención de aceites comestibles, leches, almidones, jarabes, dextrosas, maltodextrinas, entre otros.

Existen muchos AGM que se comercializan en diferentes países, pero los consumidores no están informados si el alimento que consumen es un transgénico o no ya que en sus etiquetas no especifican que el alimento es GM.

Por ello con esta investigación se pretende dar a conocer cuáles son los alimentos transgénicos que se consumen en el Perú y en el mundo. Debido a que es de gran importancia estar informado sobre estos alimentos genéticamente modificados, puesto que la alimentación es primordial para el organismo del ser humano, para que ayude a mantener la salud de nuestro cuerpo y de nuestra mente.

## **2. ALIMENTOS TRANSGÉNICOS**

### **2.1. TIPOS DE ORGANISMOS TRANSGÉNICOS**

#### **2.1.1. Plantas transgénicas**

Las plantas transgénicas no son otra cosa que vegetales cuyo genoma (su ADN) ha sido modificado. La obtención de una planta nueva desde el punto de vista de su uso como alimento, es decir que se persigue la obtención de un tipo de alimento de origen vegetal nuevo o se busca una modificación del vegetal que proporcione mayor utilidad desde el punto de vista alimentario (se tratará de alimentos transgénicos de origen vegetal).

También se han desarrollado plantas transgénicas en las que se han introducido genes que expresan proteínas terapéuticas (fármacos) o antígenos vacúnales, representa una opción de transgénesis aplicada de la mayor utilidad práctica, pues puede servirle a la propia planta para adquirir resistencias de interés para ella o para producir un producto útil al hombre (por ejemplo, el caso de las vacunas comestibles). (Rodríguez *et al.*, 2003).

### **2.1.2. Animales transgénicos**

Son animales que han sido modificados genéticamente para permitir mejorar su producción (mayor producción de carne, mayor producción de leche, etc.), Para aumentar la producción de leche en las vacas, Monsanto creó la hormona modificada, somatotropina bovina recombinante (rBGH) (López 2013). También se producen estos animales, con el interés añadido de servir como potenciales donantes de órganos para el hombre (xenotrasplantes), aunque todo esto todavía es materia experimental y objeto de una fuerte polémica social y médica. (Rodríguez *et al.*, 2003).

### **2.1.3. Microorganismos transgénicos**

Se trata, por lo general, de levaduras y bacterias de interés industrial, que mediante transgénesis se modifican para eliminar inconvenientes de tipo industrial o, simplemente, para producir algún producto de interés (por ejemplo, un fármaco, una proteína o simplemente un antígeno vacunal). (Rodríguez *et al.*, 2003).

## **2.2. Caracteres buscados en la transgénesis de la planta**

### **2.2.1. Plantas resistentes a herbicidas**

En el mercado circulan semillas de soja, maíz, algodón y colza tolerantes al glifosato, herbicida conocido comercialmente como Round-up Ready o RR (Roundup Ready, resistente al herbicida glifosato), que se emplea en el período que antecede y en el que sigue a la aparición de las malezas. Normalmente, las semillas RR son dos veces más tolerantes al glifosato que las semillas convencionales.

Lo temores con respecto a los cultivos resistentes a los herbicidas son fundamentalmente tres: se afirma, en efecto, que el mayor uso de herbicidas químicos dará origen a malezas resistentes a estas sustancias; que el gen responsable de la resistencia se transmitirá por hibridación u otro proceso natural a las plantas silvestres, que de esa manera se convertirían en supermalezas, pues ya no sería posible combatirlas con los métodos actuales; y, por último, que la resistencia al glifosato u otros herbicidas obligará a un mayor uso de herbicidas químicos. (Bárcena *et al.*, 2004).

### **2.2.2. Plantas resistentes a insectos**

El ataque por insectos representa uno de los aspectos más importantes del cultivo vegetal. En 1995 apareció el primer transgénico resistente a insectos, una variedad de papa a cuyo código genético se había agregado la capacidad de producir una toxina proveniente del *Bacillus thuringiensis*. Actualmente existen también semillas de maíz y algodón con igual propiedad, conocidas genéricamente como Bt (*Bacillus thuringiensis*). (Bárcena *et al.*, 2004).

### **2.2.3. Plantas Tolerantes a herbicidas y resistentes a insectos**

Se trata de semillas de maíz y algodón Bt que, además de sus otras características, son tolerantes a los herbicidas. En ellas se combina la presencia de la toxina del *Bacillus thuringiensis* con la resistencia a un herbicida RR o LL (Roundup Ready, resistente al herbicida glifosato). (Bárcena *et al.*, 2004).

#### **2.2.4. Plantas resistentes a virus**

Se ha seguido fundamentalmente la estrategia de introducir un gen (o varios) del propio virus agresor contra el que se pretende crear resistencia o incluso de virus próximos relacionados, que actúa como una vacuna.

Se han producido semillas transgénicas de papas, papayas y cucurbitáceas, ya que estas especies de plantas son más propensas al ataque de virus, y, también porque las pérdidas por ataques virales son especialmente cuantiosas en estas plantas. (Bárcena et al., 2004).

#### **2.2.5. Plantas resistentes a bacterias**

Al igual que antes, la transformación de células vegetales por la entrada de genes procedentes de otras plantas e incluso de insectos o de animales, permite la expresión de proteínas (del tipo de las defensinas o sustancias equivalentes, como la cercopina B o la sarcotoxina, etc.) que confieren resistencia a algún tipo de bacteria. (Rodríguez et al., 2003).

### **2.3. Ventajas y desventajas de los alimentos transgénicos**

#### **2.3.1. Ventajas de los AGM**

Las semillas transgénicas permiten utilizar potentes herbicidas en todo momento sin aniquilar la siembra. (Thompson, 2012).

La maduración es mucho más lenta que la de los alimentos tradicionales lo que permite alargar su vida útil. (CEGESTI, 2012).

### 2.3.2. Desventajas de los AGM

La venta de organismos modificados genéticamente en su gran mayoría los produce Monsanto (empresa pionera norteamericana en la venta de productos transgénicos), los cuales deben ser comprados anualmente por el agricultor, además de pagar un porcentaje por la licencia de patente del producto; asimismo están obligados a comprar los plaguicidas producidos por la misma empresa. (Silva, 2007).

Los transgénicos generan mayor concentración de la tierra, no ayudan a aumentar la producción y restan puestos de empleo en el sector rural. (Acosta, 2012).

Existen estudios científicos que indican que la acumulación de transgenes puede tener efectos dañinos y graves, incluyendo que las variedades nativas o criollas se deformen o se vuelvan estériles al producirse un rechazo del material genético desconocido en la especie. (Kato, 2004).

La realidad es que los cultivos transgénicos están llenos de incertidumbres y riesgos a la salud y al ambiente y no aportan ninguna ventaja frente a los cultivos que ya existían. La semilla es mucho más cara, rinden menos en promedio, usan mucho más agrotóxicos y al estar patentados, la contaminación transgénica es un delito para las víctimas. Adicionalmente, según datos de los analistas de la industria, la investigación y desarrollo de una semilla transgénica cuesta en promedio 136 millones de dólares, mientras que el desarrollo de una semilla híbrida cuesta un millón de dólares. (Phillips McDougal Consultancy, 2011).

### **3. SEGURIDAD ALIMENTARIA EN ALIMENTOS TRANSGÉNICOS**

El principio básico de la seguridad alimentaria es lograr que los alimentos que consume y produce el ser humano sean saludables y seguros para este. La preocupación al respecto no radica tanto en la producción de alimentos genéticamente modificados (AGM), sino más en los riesgos que pueden representar para la salud humana y el medio ambiente.

Estos alimentos aun no nos garantizan ninguna seguridad alimentaria, ya que no se han realizado estudios suficientes para probar su inocuidad. Aunque no se ha comprobado que esta clase de alimentos sea perjudicial para la salud del hombre si hay un descontrol por parte de los gobiernos al momento de la distribución y comercialización transnacional de los OMG.

Los consumidores tienen derecho a elegir si los alimentos que consumen son transgénicos o no, por ejemplo los tomates con proceso de maduración retardada; el consumidor desconoce la mayoría de veces que ese tomate que se encuentra en los supermercados, quizás lleva semanas en ese lugar aunque aparente mucha frescura. (Duque *et al.*, 2010).

Un estudio en el 2008 con ratones alimentados con maíz transgénico Bt de Monsanto, vincula el consumo de maíz transgénico con infertilidad y disminución de peso, además de mostrar la alteración de la expresión de 400 genes. (American Academy of Environmental Medicine, 2009).

### **4. IMPACTO DE LA SIEMBRA DE TRANSGÉNICOS**

Según estudios realizados la infección del pie negro en los cereales, la pudrición acuosa, la pudrición de la raíz y el síndrome de muerte súbita en la soja ha empeorado en presencia del glifosato vendida por Monsanto. Estas enfermedades han afectado a 13 cultivos transgénicos incluyendo soja, trigo, algodón, remolacha azucarera y colza. (Johal y Huber, 2009). También el género *Fusarium* (hongos patógenos) se incrementan por el glifosato. La presencia del herbicida en la rizósfera permite que estos hongos se conviertan en el grupo dominante (Kremer y Means, 2009).

La variedad de soja transgénica RR (Roundup Ready, resistente a herbicidas) fue estudiada y se encontró que el glifosato impactó negativamente sobre “las complejas interacciones de los grupos microbianos, la actividad bioquímica y el crecimiento de las raíces, lo que puede tener consiguientes efectos perjudiciales sobre el crecimiento y la productividad de la planta” (Zobile *et al.*, 2011).

En el municipio de Lucas do Rio Verde, MT perteneciente al país de Brasil entre el 2007 y 2010 se encontró contaminación en un 83% en pozos de agua potable (ciudad y escuelas), un 56% de las muestras de agua en patios escolares y un 25% de las muestras de aire tomadas durante 2 años.

Esta contaminación fue causada por causa de agrotóxicos utilizados en la siembra de AGM. (Pignati *et al.*, 2013).

La contaminación transgénica de los cultivos GM, a los cultivos tradicionales puede tener un efecto indirecto sobre la inocuidad y la seguridad de estos alimentos. Este riesgo es



real, como se demostró cuando aparecieron rastros de un tipo de maíz que sólo fue aprobado para alimentación animal en productos del maíz para consumo humano en los Estados Unidos de América. (Center for Food Safety, 2012).

Se han encontrado 396 casos de contaminación transgénica de cultivos en más de 50 naciones. Aunque la siembra comercial de cultivos transgénicos solo está permitida en 27 países y el 98% de su siembra está en solo 10 países. (Genewatch y Greenpeace, 2013). La erosión y alteración potencialmente irreversible de la biodiversidad natural y agrícola es un problema global serio, que se acentúa aceleradamente con los cultivos transgénicos. (Alvarez y Piñeyro, 2009).

## **5. PERÚ Y LA SOCIEDAD CIVIL FRENTE A LOS TRANSGÉNICOS**

Las organizaciones de la sociedad civil Peruana están en contra de la transnacional Monsanto, por querer imponer sus cultivos transgénicos usando medios no transparentes

y cuestionables que violan los principios éticos que son fundamentales para garantizar una alimentación sana, soberana y saludable.

La sociedad civil Peruana está en contra del cultivo y comercialización de alimentos genéticamente modificados (AGM), porque considera que no existe ninguna seguridad alimentaria y pide la implementación de la Ley N° 29811 de Moratoria que prohíbe el ingreso de los cultivos transgénicos por 10 años.

Diferentes investigaciones realizadas con relación a los alimentos genéticamente modificados (AGM) de Monsanto demuestran que pueden generar serios problemas a la salud de la población, como son el desarrollo de enfermedades cancerígenas (tumores), infertilidad y nacimientos deformes. Asimismo, la imposición para diseminar los cultivos transgénicos, en especial en los países considerados megadiversos como el Perú, es una seria amenaza para la agrobiodiversidad por los riesgos de contaminación genética generada por efecto de los flujos de genes a nivel de las variedades locales y sus parientes silvestres. (Conveagro, 2015).

## **6. LEGISLACIÓN PERUANA**

El 10 de diciembre del año 2011 entró en vigencia la Ley N° 29811.

### **Artículo 1: Objeto de la ley**

La Ley N° 29811, establece la Moratoria de diez (10) años al Ingreso y Producción en el territorio nacional de Organismos Vivos Modificados (OVM) con fines de cultivo o crianza, incluidos los acuáticos, a ser liberados en el medio ambiente.

#### **6.1. Artículo 2: De la Finalidad**

La Ley N° 29811, tiene por finalidad impedir el ingreso, producción y liberación de los OVM, así como fortalecer las capacidades nacionales, desarrollar la infraestructura y generar las líneas de base respecto a la biodiversidad nativa, que permitan una adecuada evaluación, prevención y gestión de los impactos potenciales de las actividades de liberación al ambiente de OVM.

#### **6.2. Artículo 36: Del Informe de incidencias y hallazgos a la Autoridad Nacional Competente**

Las entidades a cargo de la vigilancia y control del comercio transfronterizo a que se refiere el artículo 7° de la Ley N° 29811, deberán informar a la Autoridad Nacional Competente, sobre las incidencias y hallazgos realizados durante el control de OVM, alcanzando copia de los reportes correspondientes, así como de las medidas y sanciones impuestas en el ejercicio de sus funciones.

#### **6.3. Artículo 37: De la prohibición de cambio de uso**

Los OVM que ingresen al territorio nacional con una autorización para fines de investigación, como alimento humano o animal o para procesamiento, o como producto farmacéutico y

veterinario, no podrán, bajo ninguna circunstancia, cambiar dicho uso autorizado ni ser liberado al ambiente para ser utilizado con fines de cultivo o crianza.

#### **6.4. Artículo 38: De la prohibición de comercialización**

No podrán ser comercializados en el territorio nacional OVM prohibidos por el artículo 1° de la Ley N° 29811.

### **7. LISTADO DE ALIMENTOS TRANSGÉNICOS QUE SE CONSUMEN EN EL PERÚ**

Tabla 01: Muestras que dieron positivo sobre la presencia de organismos genéticamente modificados (OGM). Los análisis fueron realizados en los laboratorios de CEPERY y ANDES CONTROL

<b>PRODUCTO</b>	<b>EMPRESA</b>	<b>REGISTRO SANITARIO</b>	<b>RESULTADO DE LABORATORIO</b>
Soya y avena santa catalina	Industrias unidas de Perú S.A.	E5618410N NAIDUI DIGESA	Positivo (detección de OGM por PCR en tiempo real.)
Quaker "Q-vital". Quinoa, soya y avena	Global Alimentos SAC	E5509506N NAGOAI	Positivo (detección de OGM por PCR en tiempo real.)
Soyandina 100% Soya	Alicorp S.A.	E8202907N NAAISA	Positivo (detección de OGM por PCR en tiempo real.)
Leche 100% de Soya	Laive S.A.	RSA-09/DIGESA/E8201909 N NALISA	Positivo (detección de OGM por PCR en tiempo real.)
Soale Leche de Soya	Gloria S.A.	E8202706N NAGOSA	Positivo (detección de OGM por PCR en tiempo real.)
Los cuates picantes (tortillas de maíz) Karinto	Inversiones Borneo SRL	E7307109N NAIVBR	Positivo (detección de OGM por PCR en tiempo real.)
Salchicha San Fernando	San Fernando S.A.	J8701510N/NASNFR	Positivo (detección de OGM por PCR en tiempo real.)
Salchicha Laive Suiza	Laive S.A.	DIGESA/J8801808N NALISA	Positivo (detección de OGM por PCR en tiempo real.)
Maizena Negrita	Alicorp S.A.	E8401309N NKAISA DIGESA	Positivo (detección de OGM por PCR en tiempo real.)
Ángel Flakes	Global Alimentos SAC	E6800408N/NAGOAI	Positivo (detección de OGM por PCR en tiempo real.)

Fuente: (ASPEC, 2011).

## 8. ALIMENTOS TRANSGENICOS QUE SE CONSUMEN EN EL MUNDO

### 8.1. Registro de los alimentos y piensos modificados genéticamente autorizados en la UE

Tabla 02: Maíz modificado genéticamente autorizadas en la UE

Cultivo	Empresa	Características	Uso autorizado	Autorización Fecha de Vencimiento
Maíz (Bt11)	Syngenta	Tolerancia al herbicida glufosinato de amonio	Productos, distintos de alimentos y piensos.	27/07/2020
Maíz DAS1507xNK6 03	Pioneer y Dow AgroSciences	tolerancia al glifosato y al glufosinato de amonio		23/10/2017
Maíz DAS-59122-7	Pioneer y Dow AgroSciences	Protección contra determinadas plagas de coleópteros y tolerancia al glufosinato de amonio.		23/10/2017
Maíz MON863	Monsanto	resistencia a insectos		12/01/2016
Maíz MIR604	Syngenta	protección contra determinadas plagas de coleópteros		29/11/2019
Maíz MON89034 xMON88017	Monsanto	protección a ciertas plagas de coleópteros y tolerancia al glifosato		16/06/2021

Fuente: EuroExpress, 2015

Tabla 03: Algodón modificado genéticamente autorizado en la UE

<b>Cultivo</b>	<b>Empresa</b>	<b>Características</b>	<b>Uso autorizado</b>	<b>Autorización Fecha de Vencimiento</b>
Algodón MON1445	Monsanto	Tolerancia al glifosato	Alimentos y piensos	26/04/2025
Algodón MON15985	Monsanto	Protección contra determinadas plagas de lepidópteros	Los piensos que contengan, se compongan o se hayan producido a partir de MON- 15985. Algodón para los mismos usos que cualquier otro algodón	26/04/2025
Algodón MON531	Monsanto	Resistencia a las plagas de lepidópteros	Piensos y alimentos	26/04/2025
Algodón GHB614	Bayer	Tolerancia a los herbicidas de glifosato	Productos, distintos de alimentos y piensos	16/06/2021
Algodón 281-24- 236x3006- 210-23	Dow AgroSciences	Tolerancia a los herbicidas glufosinato de amonio	Los alimentos, ingredientes alimentarios y piensos que contienen, se componen o se han producido a partir de 281-24-236x3006-210-23 algodón	21/12/2021

Fuente: EuroExpress, 2015

Tabla 04: Soja modificada genéticamente autorizada en la UE

<b>Cultivo</b>	<b>Empresa</b>	<b>Características</b>	<b>Uso autorizado</b>	<b>Autorización Fecha de Vencimiento</b>
Soja MON-89788-1	Monsanto	Tolerancia al herbicida glifosato	Productos, distintos de alimentos y también materias primas para piensos y aditivos para piensos	03/12/2018
Soja A2704-12	Bayer	Tolerancia al herbicida glufosinato de amonio.		07/09/2018
Soja MON40-3-2	Monsanto	Tolerancia al herbicida glifosato		02/09/2022
Soja MON87701	Monsanto	Protección contra ciertas plagas de lepidópteros		02/09/2022
Soja A5547-127	Bayer	Tolerancia al herbicida glufosinato de amonio.		02/09/2022
Soja 305423	Pioneer	tolerancia a los herbicidas inhibidores de acetolactato sintasa	Piensos	26/04/2025

Fuente: EuroExpress, 2015

Tabla 05: Remolacha azucarera modificada genéticamente autorizados en la UE



<b>Cultivo</b>	<b>Empresa</b>	<b>Características</b>	<b>Uso autorizado</b>	<b>Autorización Fecha de Vencimiento</b>
Remolacha azucarera (H7-1)	KWS SAAT y Monsanto	Tolerancia al herbicida glifosato	Las comidas e ingredientes alimenticios y Piensos.	23/10/2017

Fuente: EuroExpress, 2015

Tabla 06: Colza genéticamente modificada autorizados en la UE

<b>Cultivo</b>	<b>Empresa</b>	<b>Características</b>	<b>Uso autorizado</b>	<b>Autorización Fecha de Vencimiento</b>
Colza GT73	Monsanto	Tolerancia al herbicida glifosato	Los alimentos e ingredientes alimentarios	26/04/2025
Colza T45	Bayer	Tolerancia al herbicida glufosinato de amonio	Piensos que contengan o se hayan producido a partir de Colza T45	03/09/2019
Colza MON 88302	Monsanto	Tolerancia a los herbicidas de glifosato	Los alimentos e ingredientes alimentarios y los piensos que contengan, o se compongan de Colza MON 88302	26/04/2025

Fuente: EuroExpress, 2015

## 8.2. Lista de AGM aprobados para su uso y comercialización en Argentina

Tabla 07: Lista de alimentos aprobados en Argentina

<b>Cultivo</b>	<b>Característica introducida</b>	<b>Evento/combinación de eventos</b>	<b>Año de aprobación</b>
Maíz	Resistencia a insectos coleópteros	MIR604	2012
Maíz	Resistencia a insectos coleópteros y lepidópteros, y tolerancia a los herbicidas glifosato y glufosinato de amonio	Maíz Bt11 x MIR162 x MIR604 x GA21	2012
Maíz	Resistencia a insectos lepidópteros, y tolerancia a los herbicidas glifosato y glufosinato de amonio	MON89034 x TC1507 x NK603	2012
Maíz	Resistencia a insectos lepidópteros, y tolerancia al herbicida glifosato	MON89034 x NK603	2012
Soja	Resistencia a insectos lepidópteros y tolerancia al herbicida glifosato	MON87701 X MON89788	2012
Soja	Tolerancia a herbicidas imidazolinonas	CV127	2013
Maíz	Resistencia a insectos lepidópteros y tolerancia a los herbicidas glifosato y glufosinato de amonio	TC1507 x MON810 x NK603	2013
Maíz	Resistencia a insectos lepidópteros y tolerancia al herbicida glufosinato de amonio	TC1507 x MON810	2013
Maíz	Resistencia a insectos lepidópteros y tolerancia a los herbicidas glifosato y glufosinato de amonio	Bt11 x MIR162 x TC1507 x GA21	2014

Fuente: (Argebio, 2014)

### 8.3. Lista de AGM aprobados para su uso y comercialización en México

Tabla 08: Lista de alimentos aprobados en México para consumo humano y animal

<b>Cultivo</b>	<b>Característica introducida</b>	<b>Evento/combinación de eventos</b>	<b>Compañía</b>
Maíz (5)	Resistencia a insectos lepidópteros y coleópteros y tolerancia a los herbicidas glifosato y glufosinato de amonio	MON89034-5 X	Dow
		DAS01507-1 X	Agroscience/M
		MON88017-3 X	onsanto
		DAS59122-7	
Maíz (5)	Resistencia a enfermedades e insectos lepidópteros y tolerancia al herbicida glifosato.	MON89034-3 X	Monsanto
		MON00603-6	
		MON89034-3 X	Monsanto
Maíz (5)	Resistencia a enfermedades e insectos lepidópteros y coleópteros y tolerancia al herbicida glifosato.	MON88017-3	
		SYN-IR-162-4	Syngenta
Algodón (2)	Tolerancia a herbicidas glifosato y glufosinato de amonio	ACS-GH00103-3 X	Bayer
		BCS-GH002-5	CropScience
Algodón (2)	Resistencia a insectos lepidópteros.	SYN-IR-102-7	Syngenta
Soja (1)	Niveles incrementados de ácido oleico, tolerancia a herbicidas inhibidores de la ALS y tolerancia al herbicida glifosato.	DP-305423-1 X	Dupont
		MON-04032-6	Pioneer
Alfalfa (1)	Tolerancia al herbicida glifosato	MON00101-8 X	Monsanto
		MON00163-7	

Fuente: (Antama, 2010)

#### 8.4. Alimentos genéticamente modificados (AGM) aprobados en distintos países.

Cuadro 09: Alimentos transgénicos aprobados para su comercialización

<b>ALIMENT O</b>	<b>CARACTERISTICA</b>	<b>PAISES</b>
Colza	Resistencia a herbicidas	EEUU, Unión Europea, Canadá, Japón, Australia.
	Modificación del contenido de ácidos grasos del aceite	Estados Unidos, Canadá.
Algodón	Resistencia a herbicidas	EEUU, Japón.
	Resistencia a insectos	EEUU, Australia, Canadá.
Maíz	Resistencia al gusano de la raíz	EEUU, Canadá, Japón.
	Resistencia a herbicidas	Japón, Argentina, Canadá, EEUU, Taiwán, Filipinas.
Melón	Retardo de maduración	EEUU.
Papaya	Resistencia a virus	EEUU, Canadá.
Papa	Resistencia a insectos Resistencia a virus	EEUU, Canadá, Australia, Japón, Filipinas.
Arroz	Resistencia a herbicidas	EEUU, Canadá.
Soya	Resistencia a herbicidas	EEUU, Unión Europea, Japón, Argentina, Canadá, Brasil, Australia, China.
	Contenido de grasa	Australia, Canadá, Japón.
Calabaza	Resistencia a virus	EEUU.
Remolacha azucarera	Resistencia a herbicidas	Australia, EEUU.
Tomate	Retardo de maduración	EEUU, Canadá, Japón, México.
	Resistencia a insectos	EEUU, Canadá.
Trigo	Resistencia a herbicidas	EEUU, Canadá.

Fuente: (AGBIOS, 2005)

## 9. MONSANTO y otras transnacionales

Corporaciones agroquímicas transnacionales como Monsanto, Bayer, Sygenta, Pioneer y Dow Agrosience tratan de controlar la agricultura del mundo, y en particular al maíz, y a través de la promoción de variedades de semillas transgénicas.

Los planes de Monsanto son convertir la producción agrícola y alimentaria mundial en un gran experimento genético, totalmente dependiente de sus semillas patentadas. Económicamente, Monsanto ha tenido grandes éxitos, pues ha demandado a innumerables agricultores que han sido contaminados con su semilla. Sin embargo, su expansión se ha detenido en el mundo gracias a los países que la han prohibido, sobre todo de la Unión Europea, donde está prohibida la siembra de algunas variedades de maíces transgénicos, como el MON810.

Las cosechas transgénicas de todo el mundo representan menos del uno por ciento de la superficie total cultivable. El 85 por ciento de los cultivos modificados genéticamente se concentra en solo tres países: Estados Unidos, Argentina y Canadá. Hasta el momento solo se cultivan comercialmente cuatro productos: algodón, maíz, soya y canola.

En países donde se ha autorizado el cultivo de maíz transgénico se ha demostrado su imposible coexistencia con variedades convencionales, nativas y orgánicas. La contaminación transgénica de un centro de origen y diversidad genética de un grano representa el monopolio total del mismo.

Monsanto, es la empresa transnacional que controla alrededor de 90 % del mercado mundial de semillas transgénicas.

En una investigación realizada al algodón Bt, se encontró que las variedades de Monsanto tuvieron menor rendimiento que los cultivos convencionales de algodón: la planta solo desarrolló cuatro de los cinco lóculos; las cápsulas de algodón no llenaron con la mota y no abrieron; la fibra fue muy corta y con poco peso. (Varón, 2008).

Una investigación en Colombia revela las condiciones del contrato de los campesinos con Monsanto: no guardar las semillas para el próximo año, no revenderlas, no ceder información sobre la tecnología al vecino, vender la cosecha a desmotadoras autorizadas por Monsanto, estar dispuesto a que la empresa inspeccione mi cultivo y que me demande en caso de que lo considere (Ecoagricultor, 2012).

## **10. EVALUACIÓN DE LOS EFECTOS ADVERSOS DE LOS ALIMENTOS GENÉTICAMENTE MODIFICADOS EN LA SALUD HUMANA**

Un estudio realizado en Inglaterra; a 7 personas ileostomizadas y 12 voluntarios sanos, demostró que el gen de la soya genéticamente modificada (GM) mostro transferencia a la microflora intestinal. (Netherwood, Martin, O'Donnell *et al.*; 2004).

En un modelo animal, hecho en Polonia, donde compararon 20 ratones alimentados con dieta normal a través de 5 generaciones sucesivas con 20 ratones alimentados con 20% de trigo transgénico durante 5 generaciones sucesivas. A los 120 días fueron sacrificados y se les midió el peso y la estructura de los órganos linfoides, incluyendo ganglios, bazo, recuentos celulares en sangre. Los resultados mostraron que el tamaño de los ganglios linfáticos fue significativamente mayor en el grupo que consumió transgénicos. (Krzyżowska, 2010).

El Dr. Gilles Séralini, en el CRIIGEN, en la Universidad de Caen, Francia, decidió realizar un estudio de toxicidad crónica, a largo plazo, de la alimentación de ratas de laboratorio con maíz transgénico de Monsanto NK603 y/o el herbicida a base de glifosato diseñado para su cultivo, Roundup.

La investigación cubrió todo el ciclo de vida de las ratas, 2 años en lugar de la investigación de Monsanto que solo duro 90 días, y sus resultados fueron alarmantes. Un 60-70% de las ratas alimentadas con maíz transgénico desarrollaron tumores frente al 20-30% del grupo de control.

En concreto, se detectaron daños severos en riñones, hígado y pituitaria. Se constataron problemas hepatorenales, desequilibrio de las hormonas sexuales y muerte prematura.

Esta investigación demostró que las pruebas de 90 días comúnmente realizadas sobre los

alimentos transgénicos no son lo bastante largas como para observar efectos a largo plazo como cáncer, daños en órganos y muertes prematuras, ya que los primeros tumores no aparecieron hasta los 4-7 meses del inicio del estudio.

El estudio fue tan relevante que la industria biotecnológica comenzó inmediatamente una campaña de desprestigio a través de científicos afines, quienes argumentaron, que el estudio fue hecho con insuficiente cantidad de ratas y que las ratas usadas en el experimento tenían tendencia a desarrollar tumores.

Sin embargo, Séralini usó las mismas ratas y mayor cantidad que las que usó Monsanto en las pruebas que presentó a la Unión Europea para aprobar ese mismo tipo de maíz transgénico, solo que Monsanto hizo el experimento por únicamente tres meses, siendo que los efectos negativos se comenzaron a mostrar a partir del cuarto mes. (Bardocz, Clark, Ewen, *et al*, 2012)

## **11. APRECIACIÓN CRÍTICA**

El hombre depende de su medio ambiente para asegurar sus necesidades fundamentales de alimento. En la actualidad, una de las alternativas llevadas a cabo para la eliminación



del hambre en el mundo es el empleo de la ciencia a favor de lograr un aumento en la producción global de alimentos. El desarrollo de la biotecnología con el paso del tiempo ha dado lugar a la creación de alimentos transgénicos que se perfila con muchas implicaciones alimentarias y nutricionales. No cabe duda que la biotecnología puede ayudar a paliar el hambre en el mundo. El problema quizá es cómo hacerlo. Y cuánta razón tenía el poeta, “Morir de hambre es el más amargo de los destinos” (Homero, La Odisea). Desafortunadamente, los propósitos para los que fueron introducidos al mercado los cultivos y alimentos transgénicos no se han cumplido, la insuficiencia alimentaria persiste y continúa aún en aumento. Ante ciertas evidencias de posibles efectos adversos sobre la salud humana como consecuencia del consumo de alimentos transgénicos, es urgente una mayor cantidad de estudios científicos en el ámbito internacional.

Aunque el etiquetado de los productos transgénicos es importante, no es en sí el problema fundamental ya que no nos proporciona información sobre las consecuencias que puedan derivarse del consumo de productos GM.

En el Perú, la ley de moratoria al ingreso de organismos vivos modificados se cumple el 2021, esta ley fue promulgada el 2011 y hasta el momento no se implementa el marco nacional de Bioseguridad, es decir las medidas que nos garanticen reducir los riesgos asociados al uso de los transgénicos con el fin de proteger el ambiente, la diversidad biológica y la salud humana y así poder maximizar sus beneficios.

Desde el 2002, tenemos regulaciones pero están incompletas. El reglamento de la Ley 27104 nombra a tres entidades para que se hagan responsables de la bioseguridad según su sector: el INIA\_(para agricultura), DIGESA (para salud) y el Viceministerio de Pesquería (para pesca). Cada uno debía elaborar su reglamento sectorial de

bioseguridad y definir el procedimiento para hacer la evaluación de riesgos, establecer las medidas para gestionarlos y, finalmente, emitir las autorizaciones.

En plenas elecciones presidenciales del 2011 el Ministerio de Agricultura publica su reglamento interno sectorial de bioseguridad a través del **DS 003-2011-AG.**, el cual fue observado por carecer de recomendaciones y sugerencias.

En el Perú, por el momento está prohibida la liberación de transgénicos en el ambiente y la razón es que no se ha implementado los reglamentos sectoriales de bioseguridad y se requiere generar las condiciones para que sean completamente funcionales.

Si no sabe dónde está distribuida la diversidad genética, no se puede emitir autorizaciones. Si no se tiene mecanismos de vigilancia y control, no se puede saber si no están ingresando o liberándose al ambiente transgénicos que no han sido aprobados: Si no hay procedimientos para hacer la evaluación de riesgos, no se puede tomar una decisión.

El 15 de enero del 2015, el Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA) denunció ante la Comisión Multisectorial de Asesoramiento de la Ley de Moratoria (Ley 29811), el hallazgo de un campo de cultivo de maíz amarillo de origen transgénico cerca de Oyotún (Lambayeque).

El Ministerio del Ambiente (MINAM) envió a especialistas del Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental (OEFA) el día 20. Esta institución informó que “dicho equipo comprobó que el cultivo estaba próximo a ser cosechado y no se detectó presencia de razas locales de maíz afectadas por la posible presencia del transgénico. Por último, se

colectó muestras adicionales que han sido remitidas a laboratorio para su análisis, mediante pruebas de ADN”.

Este no es el primer rumor sobre existencia de cultivos transgénicos, pero hasta ahora no hay nada probado. Con la Ley de Moratoria, lo único que se ha hecho es darnos un plazo de 10 años (los que ya vienen corriendo) en los que no se permitirá el ingreso de semillas transgénicas al país, pero acabado ese plazo estas podrían ingresar tranquilamente, si es que no se logra una prohibición definitiva de su ingreso.

No sería extraño que algunos cultivos modificados genéticamente (los transgénicos) estén ingresando ilegalmente al Perú, pues vencida la moratoria les resultaría fácil regularizar la situación de los mismos. Y mientras tanto, como no existe ninguna obligación para etiquetar los productos que contengan alimentos transgénicos, estos se venden libremente en supermercados y tiendas como ha sido reportado en este trabajo.

## **12. CONCLUSIONES**

Los alimentos transgénicos que se consumen en el mundo son: soya, maíz, algodón, colza, remolacha azucarera, papa, trigo, tomate, melón, papaya, arroz, calabaza, etc.

En el Perú se consumen alimentos genéticamente modificados tales como: Soya y avena santa catalina, quaker "Q-vital", soyandina 100% soya, leche 100% de Soya, soale leche de Soya, los cuates picantes (tortillas de maíz) Karinto, salchicha San Fernando, salchicha Laive Suiza, maizena negrita y ángel Flakes comercializados en tiendas y supermercados. A pesar de la controversia sobre la seguridad alimentaria de los alimentos genéticamente modificados (AGM), son escasos los estudios de buena calidad científica que evalúan su inocuidad. La mayoría de estudios primarios en modelos animales tuvieron limitaciones importantes (tamaño muestral insuficiente y tiempo de seguimiento corto).

### **13. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

Acevedo, G. 2009. La Bioseguridad en México y los Organismos Genéticamente Modificados: Como Enfrentar un Nuevo Desafío. CONABIO. México.

Acosta, A. 2012 “Los transgénicos no solo son una amenaza para la vida, son un mal negocio para el país”. Rebelión, Ecuador. <<http://www.rebelion.org/noticia.php?id=156721>>

AGBIOS, 2005. Alimentos transgénicos aprobados para su comercialización. Disponible en: [www. Alimentos-transgenicos/alimentos-transgenicos2.shtml](http://www.Alimentos-transgenicos/alimentos-transgenicos2.shtml)

Álvarez, E.; Piñeyro, A. 2009. “Riesgos y peligros de la dispersión de maíz transgénico en México” .En Ciencias 92, Pp. 82-96. Disponible en: <http://www.revistacienciasunam.com/es/component/content/article/41-revistas/revista-ciencias>.

American Academy of Environmental Medicine, 2009. “Position on Genetically Modified Foods.” Disponible en <http://www.aemonline.org/gmopost.html>.

Antama, 2010. México autoriza ocho nuevos eventos transgénicos para su importación y consumo. <http://fundacion-antama.org/mexico-autoriza-ocho-nuevos-eventos-transgenicos-para-su-importacion-y-consumo/>.

Argebio, 2014. Lista de alimentos aprobados en argentina: Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca. Disponible en: <http://www.argenbio.org/index.php?action=novedades&note>.

ASPEC, 2011. En Perú ya estamos comiendo transgénicos. Gestión. El diario de economía y negocios de Perú.

Bárcena, A.; Schaper, J.; Morales, C. 2004. Los Transgénicos en América Latina y el Caribe: un debate abierto. CEPAL, Santiago de Chile, Chile.

Bardocz, S.; Clark, A.; Ewen, S. 2012. Serálini and Science: An Open Letter, en Independent Science News, disponible en: <http://www.independentsciencenews.org/health/seralini-and-science-nk603-rat-study-roundup/>.

CEGESTI, 2012. La producción de alimentos genéticamente modificados: ¿Cuáles controversias rodean a este tipo de producción? Éxito Empresarial.

Center for Food Safety. 2012. Genetically Engineered Crops. Traducción propia. Disponible en: <http://www.centerforfoodsafety.org/campaig/geneticallyengineeredfood/crops/>

Conveagro, 2015. Perú Libre de Transgénicos. Convención Nacional del Agro Peruano – (Conveagro). Lima-Perú.

Duque, E.; Corba, C.; Garzón, L. 2010. Los alimentos transgénicos más allá de una medida para disminuir el hambre mundial. Colombia.

Ecoagricultor, 2012. “¿Cómo les fue a los agricultores que adoptaron el algodón BT de Monsanto?”. España. <<http://www.ecoagricultor.com>.

EuroExpress, 2015. Registro de los OMG autorizados de la UE. Disponible en: [file:///G:/infordddd/ %20-%20European%20Commission.html](file:///G:/infordddd/%20-%20European%20Commission.html).

Genewatch, UK.; Greenpeace. 2013. “GM Contamination register”. Disponible en <http://www.gmcontaminationregister.org/>.

Gobierno de Perú, 2011. Ley N 29811: Ley Que Establece La Moratoria Al Ingreso y Producción De Organismos Vivos Modicados al Territorio Nacional Por Un Período De 10 Años. Normas Legales 11636: 454601-02.

Johal, GS.; Huber, DM. 2009. Glyphosate effect on plant diseases. European. Journal of Agronomy 31: 144-152.

- Kato, A. 2004. "Variedades Transgénicas y maíz nativo en México" [versión electrónica]. En Revista Agricultura, Sociedad y Desarrollo, Colegio de Posgraduados, Volumen I, Num.2. Disponible en: <http://www.colpos.mx/asyd/volumen1/numero2/asd-02-027.pdf>
- Kremer, RJ; Means, NE. 2009. Glyphosate and glyphosate-resistant crop interactions with rhizosphere microorganisms. *European Journal of Agronomy* 31: 153-161.
- Krzyżowska, M.; Wincenciak, M.; Winnicka, A.; et al. 2010. The effect of multigenerational diet containing genetically modified triticale on immune system in mice. *Pol J Vet Sci*; 13(3):423-30. (21)
- Lopez, H. 2013. Monsanto, ganancias contra salud. Disponible en: <http://www.rebelion.org/noticia.php?id=175488>
- Netherwood, T.; Martín, S.; O'Donnell, A.; et al. 2004. Assessing the survival of transgenic plant DNA in the human gastrointestinal tract. *Nature Biotechnology*; 22 (2): 204-9. (12).
- Phillips McDougal Consultancy, 2011. "The cost and time involved in the discovery, development and authorisation of a new plant biotechnology derived trait", en CropLife, Disponible en: <http://www.croplife.org/PhillipsMcDougallStudy>.
- Pignati, W.; Dores F.; Moreira J. 2013. "Impactos dos agrotóxicos na saúde e no ambiente nos municípios do interior de Mato Grosso, Cuiabá, Brasil." Disponible en: <http://www.renastonline.org/recursos/impactos-agrotóxicos-saúde-ambiente-municípios-“interior”-mato-grosso-brasil>.

Rodríguez, E.; Zumalacárregui, J.; Otero A.; Calleja A.; De La Fuente, L. 2003. España. Lo que vd. debe saber sobre: los alimentos transgénicos. Facultad de Veterinaria. Universidad de León.

Silva, J. 2007. Estudio, conocimiento y uso de alimentos genéticamente modificados, en restaurantes de la ciudad de Quito.

Thompson, H. 2012 “War on weeds loses ground. The rise of herbicide-resistant varieties drives a search for fresh methods of control”. Nature Vol. 485, pp. 430.

Varón, Ó. 2008 “Monsanto exorciza crisis algodонера en espinal”. El Nuevo Día, Ibagué, 21 de noviembre.

Zobiolo, LHS.; Kremer, RJ.; Oliveira, RS.; Constantin, J. 2011. Glyphosate affects microorganisms in rhizospheres of glyphosate-resistant soybeans Journal of Applied Microbiology. 110: 118-127.