

# Determinación de transgenicidad y verificación en el etiquetado de alimentos industrializados de maíz en centros de expendio de Lima metropolitana

## Determination of transgenicity and verification in the labelling of industrialized corn foods in retail outlets in metropolitan Lima

Germán Vergaray<sup>1,a</sup>, Carmen Rosa Méndez<sup>1,b</sup>, José María Miguel Guevara<sup>2,c</sup>,  
Roger Aníbal Gamboa<sup>3,d</sup>, Vilma Ruth Béjar<sup>2,e</sup>

<sup>1</sup> Instituto de Investigación de Ciencias Biológicas "Antonio Raimondi", Facultad de Ciencias Biológicas, Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Lima, Perú.

<sup>2</sup> Instituto de Medicina Tropical "Daniel A. Carrión", Facultad de Medicina, Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Lima, Perú.

<sup>3</sup> Facultad de Ciencias Biológicas, Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Lima, Perú.

<sup>a</sup> Doctor en ciencias biológicas. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1245-159X>

<sup>b</sup> Doctora en salud pública. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8982-9127>

<sup>c</sup> Segunda especialidad patología clínica. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2018-0339>

<sup>d</sup> Magister en ciencia y tecnología de alimentos. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4321-4717>

<sup>e</sup> Magister en salud pública. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2733-4492>

An Fac med. 2023;84(3):279-285./ DOI: <https://doi.org/10.15381/anales.v84i3.25207>

### Correspondencia:

Germán Vergaray Ulffe  
gvergarayu@unmsm.edu.pe

Recibido: 26 de abril 2023

Aprobado: 4 de agosto 2023

Publicación en línea: 28 de septiembre 2023

Conflictos de interés: Los autores declaran no tener conflictos de interés

Fuente de financiamiento: Vicerrectorado de Investigación y Posgrado de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos, expediente N°161001011.

Contribuciones de los autores: Germán Vergaray, Carmen Rosa Méndez, José Guevara Granados, Roger Aníbal Gamboa, Vilma Ruth Béjar. Curación de datos: Germán Vergaray, Carmen Rosa Méndez, Roger Aníbal Gamboa. Análisis formal: Carmen Rosa Méndez, José Guevara, Roger Aníbal Gamboa. Adquisición de fondos: Germán Vergaray, Carmen Rosa Méndez, Vilma Ruth Béjar. Investigación: Carmen Rosa Méndez, Germán Vergaray, José Guevara, Roger Aníbal Gamboa, Vilma Ruth Béjar. Metodología: Carmen Rosa Méndez, Germán Vergaray. Administración del proyecto: Germán Vergaray, Carmen Rosa Méndez. Recursos: Vilma Ruth Béjar, Carmen Rosa Méndez, Roger Aníbal Gamboa. Software: José Guevara, Roger Aníbal Gamboa. Supervisión: Germán Vergaray, Carmen Rosa Méndez. Validación: Roger Aníbal Gamboa, José Guevara. Visualización: Germán Vergaray, Vilma Ruth Béjar, Carmen Rosa Méndez. Redacción, borrador original: Germán Vergaray, Carmen Rosa Méndez. Redacción, revisión y edición: Carmen Rosa Méndez, Germán Vergaray, José Guevara, Roger Aníbal Gamboa, Vilma Ruth Béjar.

Citar como: Vergaray G, Mendez C, Guevara J, Gamboa A, Béjar V. Determinación de transgenicidad y verificación en el etiquetado de alimentos industrializados de maíz en centros de expendio de Lima metropolitana. An Fac med. 2023; 84(3):279-285. DOI: <https://doi.org/10.15381/anales.v84i3.25207>

### Resumen

**Introducción.** El consumo de alimentos transgénicos constituye un riesgo potencial para la salud. Sin embargo, en el Perú se carece de información actualizada y confiable sobre la presencia de transgénicos en los alimentos y sobre los datos pertinentes en su etiquetado; de igual manera sobre los alimentos que consumen los animales de abasto, cuyos productos van a ser ingeridos por el humano. **Objetivo.** Determinar la transgenicidad, mediante la detección del promotor 35S, en productos alimenticios industrializados de maíz para consumo humano y animal, que se comercializan en Lima y verificar si en el etiquetado se menciona si contiene o no secuencias transgénicas. **Métodos.** Se analizaron 30 muestras de alimentos para consumo humano y 10 para consumo de animales de abasto; y se revisó el etiquetado. Para la extracción del ADN se utilizó el kit Dneasy Mericon Food, para la detección del P35S el método Real Time-PCR empleando el kit Mericon Screen 35S y para determinar la concentración de copias el kit Mericon Quant Mon 810. **Resultados.** Se detectó el P35S en el 66,66% de las muestras para consumo humano, y en el 90,00% de las muestras para consumo animal. En el etiquetado del 100% de las muestras para consumo humano y animal no se menciona si contiene o no componentes transgénicos. **Conclusiones.** La detección de contenido transgénico en la mayoría de los alimentos industrializados de maíz para humanos y animales evidencian la necesidad de su mención en el etiquetado y de la implementación de una política exigente en bioseguridad alimentaria.

**Palabras clave:** *Zea mays*; Alimentos; Etiquetado de Alimentos; Organismos Modificados Genéticamente (fuente: DeCS BIREME)

### Abstract

**Introduction.** Consumption of transgenic foods constitutes a potential health risk. However, in Peru there is a lack of updated and reliable information on the presence of transgenics in food and on the relevant data on their labeling; in the same way about the food consumed by animals for supply, whose products are going to be ingested by humans. **Objective.** To determine the transgenicity, through the detection of the 35S promoter, in industrialized corn food products for human and animal consumption, which are marketed in Lima and to verify if the labeling mentions whether or not it contains transgenic sequences. **Methods.** 30 food samples for human consumption and 10 for consumption by animals for production were analyzed; and the labeling was revised. The Dneasy Mericon Food kit was used for DNA extraction, the Real Time-PCR method for P35S detection using the Mericon Screen 35S kit, and the Mericon Quant Mon 810 kit to determine the copy concentration. **Results.** P35S was detected in 66,66% of the samples for human consumption, and in 90.00% of the samples for animal consumption. The labeling of 100% of the samples for human and animal consumption does not mention whether or not it contains transgenic components. **Conclusions.** The detection of transgenic content in the majority of industrialized corn foods for humans and animals demonstrates the need to mention them on the label and the implementation of a demanding policy on food biosafety.

**Keywords:** *Zea mays*; Food; Labeling food; Organisms Genetically Modified (source: MeSH NLM)

## INTRODUCCIÓN

El creciente aumento de la población mundial y la necesidad de obtener más y mejores alimentos, son las principales justificaciones para la investigación y aplicación de la tecnología transgénica en el cultivo de plantas alimenticias<sup>(1, 2)</sup>. Desde el inicio de su comercialización, el cultivo de plantas transgénicas, el consumo de sus productos por humanos y animales, y el etiquetado de los productos alimenticios industrializados han generado intensas controversias en la comunidad científica, agricultores, autoridades y consumidores<sup>(3)</sup>.

Los que se oponen al cultivo y consumo lo consideran de elevado riesgo para la sostenibilidad del ambiente y la salud humana, agregando el peligro económico que entraña el oligopolio sobre las semillas transgénicas y los herbicidas<sup>(4)</sup>. En relación con la salud humana se sostiene que su consumo puede ocasionar alergenicidad, toxicidad, tumoración, anomalías orgánicas en estómago e intestino, resistencia a los antibióticos, debilitamiento del sistema inmune, y disminución en los niveles de nutrientes del producto alimenticio<sup>(5-7)</sup>. Sin embargo, los estudios al respecto se han realizado principalmente en animales y no son lo suficientemente convincentes, y los realizados en humanos son escasos y cuestionables.

Respecto a la alimentación animal, indirectamente humana; lo consumen principalmente aves de corral, y ganado vacuno y porcino<sup>(9)</sup>. Sin embargo, también existen controversias entre los que sostienen que son inocuos y los que argumentan que afectan su salud<sup>(4, 5)</sup>. Seralini<sup>(7)</sup> al evaluar el efecto en ratas del maíz transgénico encontró que el 70% de las hembras y el 50% de los machos presentaron alteraciones hormonales y daños severos en diferentes órganos, muriendo antes de tiempo. Aris y Leblanc<sup>(8)</sup> reportaron que la toxina Cry I ab podría ingresar al organismo humano mediante la ingesta de leche, huevos y carne de animales alimentados con organismos genéticamente modificados.

Para seleccionar la técnica que permita detectar secuencias transgénicas en alimentos se debe considerar: viabilidad, sensibilidad, exactitud, reproducibilidad, practicidad, rapidez y costo. Actualmente los métodos moleculares son los más aceptados, entre ellos se considera que la

técnica de reacción en cadena de la polimerasa en tiempo real (Real time-PCR) es la más adecuada, tanto para detectar secuencias transgénicas, como para cuantificar su concentración<sup>(10, 11)</sup>.

En la fabricación de productos alimenticios con ingredientes transgénicos, diversos factores como: cocción, cambios drásticos de pH, actividad de nucleasas y presencia de agentes químicos pueden contribuir a la degradación del ADN transgénico<sup>(12)</sup>. Asimismo, compuestos como proteínas, grasas, polisacáridos, polifenoles, extractos de cacao y azúcar caramelizada pueden inhibir al ADN polimerasa y disminuir la eficacia de la detección de secuencias transgénicas por Real time-PCR<sup>(13)</sup>. Por ello, el método de extracción y purificación de ADN total de los alimentos es un paso crítico para la detección de secuencias de ADN transgénicas. Utilizar el procedimiento establecido en el kit Dneasy Mericon Food y verificar la calidad de la extracción con el kit de detección Mericon Screen 35S, mediante la técnica de Real time-PCR, permite obtener gran cantidad de ADN idéntico al de partida y también detectar trazas de secuencias transgénicas<sup>(11)</sup>.

El P35S es un promotor fuerte que se utiliza para asegurar la expresión del transgene en la mayoría de las plantas cultivadas comercializadas; el ser una secuencia transgénica universal permite lograr un amplio espectro de detección de organismos genéticamente modificados (OGM) y ha demostrado ser útil en la detección de productos alimenticios que tienen componentes transgénicos<sup>(14)</sup>.

La mayor concentración de copias de ADN transgénico en productos alimenticios industrializados podría estar relacionada con riesgo para la salud humana. Por ello y considerando el principio de precaución; además de los análisis cualitativos que indican la presencia o ausencia de organismos transgénicos son necesarios los análisis cuantitativos, que indican su proporción en la muestra, la cual permite determinar si está o no dentro del umbral establecido por la norma de cada país<sup>(4, 15)</sup>.

El maíz (*Zea mays* L.) es una planta angiosperma, herbácea y monoica que fue domesticada en México hace aproximadamente 8700 años, extendiéndose lue-

go hacia el sur de América; en el Perú se han encontrado restos de maíz de 2300 a 7200 años de antigüedad<sup>(16)</sup>. Su cultivo se ha extendido por todo el mundo y es el cereal con mayor volumen de producción a nivel mundial<sup>(9)</sup>.

El genoma del maíz ha sido modificado mediante técnicas de ingeniería genética adicionándole principalmente 2 características: tolerancia a los herbicidas (genes epsps y pat) y resistencia a los insectos (gen cry)<sup>(9)</sup>; estas características han permitido elevar notablemente su productividad. El maíz tiene 218 eventos genéticamente modificados, aprobados y disponibles a nivel comercial para cultivos transgénicos, que son utilizados como alimento para humanos y animales<sup>(17)</sup>. Estudios realizados en diversos países han demostrado la presencia de secuencias transgénicas, en un porcentaje significativo de muestras de granos de maíz y de productos alimenticios industrializados de consumo humano y animal, que tenían como componente principal al maíz<sup>(18, 19)</sup>.

Con relación a la necesidad de etiquetar con la información pertinente, los productos alimenticios industrializados que tienen componentes transgénicos, también existen opiniones controversiales, las cuales posiblemente se deben a que existen dudas razonables sobre su peligro potencial para la salud. Los resultados de los estudios sobre el tema no son concluyentes, por lo que se requiere de investigaciones más profundas y de largo plazo<sup>(21)</sup>. Algunos países como Australia, Brasil, China, Ecuador, Indonesia, Rusia y los de la Unión Europea se basan en el principio de precaución para disponer el etiquetado obligatorio de los alimentos transgénicos, cuando tienen un umbral de ADN transgénico entre 0,1% y 0,9%; otros como Argentina, Canadá y Sudáfrica se basan en el concepto de equivalencia con su contraparte convencional para disponer el etiquetado voluntario<sup>(4, 20)</sup>. En América del Sur la obligación del etiquetado con la información respectiva varía de acuerdo con la legislación de cada país; pero no existe en Guyana, Surinam, Paraguay y Perú<sup>(21)</sup>. En Perú existe la Ley N°29571-2010, aunque no ha sido reglamentada.

No obstante, el riesgo potencial para la salud humana del consumo de granos de maíz y de alimentos procesados de maíz que contienen secuencias transgénicas; la

población, las autoridades, los profesionales de la salud y los investigadores que trabajan en esta área de la biotecnología en el Perú y en numerosos países, no cuentan con la información científica actualizada sobre la presencia y cuantificación de componentes transgénicos en dichos alimentos, ni sobre el etiquetado de los mismos con los datos pertinentes. Asimismo, carecen de información confiable sobre los alimentos de maíz que consumen los animales de abasto, principalmente aves y ganado bovino y porcino, cuyos productos van a ser consumidos por el humano. La carencia de información dificulta que se tomen las medidas necesarias para establecer una política de estado frente a un recurso biotecnológico de importancia nacional y mundial, que puede afectar la salud pública.

El objetivo del estudio fue detectar la transgenicidad, mediante la detección del promotor 35S, en granos y productos alimenticios industrializados de maíz de consumo humano y animal, que se comercializan masivamente en Lima y verificar si en el etiquetado se menciona la presencia o ausencia de componentes transgénicos.

## MÉTODOS

La investigación fue aplicada, observacional, descriptiva y transversal.

### Recolección de muestras

En mercados y supermercados de diversos sectores de Lima metropolitana se recolectaron 30 muestras de productos alimenticios industrializados de consumo humano masivo, elaborados con maíz, herméticamente envasados y etiquetados. En centros de recepción y distribución de maíz para consumo animal se recolectaron en bolsas ziploc 10 muestras de granos de maíz amarillo de 200 g cada uno. En el etiquetado se verificó si menciona la presencia o ausencia de componentes transgénicos.

### Extracción de ADN

Previo a la extracción del ADN se lavó y esterilizó el material y se le trató con solución de Rnasa away para eliminar interferencias. En cada mortero estéril se colocó 10 g de la muestra, se le agregó nitrógeno líquido y se procedió a la pulverización. La extracción de ADN se realizó por duplica-

do de acuerdo con lo establecido en el kit Dneasy Mericon Food Código 69514. Se trabajó con 50 ng de ADN de cada muestra, previamente verificada con el fago  $\lambda$ . La calidad de la extracción de los ácidos nucleicos se verificó con el kit de detección Mericon Screen 35S.

### Detección de la secuencia transgénica P35S

Para la detección de la secuencia transgénica P35S se aplicó la metodología de Real time-PCR, utilizando el rotor Gene Q, según el kit Mericon Screen 35S catálogo N° 291013 de Qiagen. La prueba se realizó por duplicado para cada muestra.

### Número de copias de la secuencia transgénica P35S

Para la cuantificación del P35S se elaboró una curva de calibración preparada con 3 valores de referencia conocidas de copias de ADN 2000, 20 000 y 200 000 copias del gen; luego se evaluaron las muestras positivas.

Para la preparación de la curva estándar se empleó un control positivo de cuantificación del kit Mericon Quant MON 810 catálogo N°2911524 y como blanco de corrección de muestras y estándares, agua desionizada libre del analito y de interferencias; luego se realizaron las diluciones correspondientes.

Para calcular el número de copias por gramo de muestra, se empleó la fórmula:

$$\text{Número de copias por gramo de muestra} = \frac{\text{Resultado (N° de copias)} \times \text{Volumen de elusión (uL)}}{\text{Peso de la muestra (g)}}$$

### Control y análisis de datos

En todos los procesos se utilizaron controles positivos y negativos; al proceso Real time-PCR se le aplicó la optimización de la ganancia desde la primera adquisición. Para evaluar la consistencia de los resultados se realizaron pruebas de repetibilidad y se midió la desviación estándar; y para garantizar la exactitud, se trabajó con un control positivo que demostró estabilidad, homogeneidad y trazabilidad. Como criterio de la desviación estándar relativa se tomó como límite: 25% <sup>(22)</sup>.

El límite de detección fue determinado por el fabricante del kit y es de 10 copias/reacción y el límite de cuantificación por

definición, es aquel intervalo en el cual se determina la precisión con cierto grado de variabilidad aceptable <sup>(23)</sup>. En el estudio, el límite de cuantificación fue el valor más bajo de cuantificación con el que se obtuvo resultados con exactitud aceptable.

## RESULTADOS

Se detectó la presencia de la secuencia transgénica P35S en el 66,66% de las muestras de productos alimenticios para consumo humano (Tabla 1) y en el 90% de las muestras de granos de maíz amarillo para consumo animal (Tabla 2).

Los productos para consumo humano se expendían en bolsas especiales de plástico y los granos de maíz amarillo entero para consumo animal a granel en sacos de tela. Los productos para humanos fueron cereales para el desayuno y alimentos ligeros conocidos como snacks; las muestras fueron de dos tipos, maíz extruido y granos de maíz. En el caso de alimentos para animales, granos de maíz amarillo entero que se consumen directamente o como componente de piensos.

De las muestras de alimentos para consumo humano, 22 fueron fabricadas en Perú y 8 importadas; del total de muestras, el 30% fue procesada en instalaciones donde se procesaban otros productos alimenticios. Para consumo animal, 2 fueron de procedencia peruana y 8 importadas, el maíz estuvo destinado principalmente para aves, reses y cerdos.

De las muestras positivas de productos alimenticios para consumo humano el 70% fue fabricado en el Perú; de los productos peruanos el 63,6% fue positivo y de los importados el 75%. Del total de muestras positivas para consumo animal el 88,9% fue importado; de los productos peruanos el 50% fue positivo y de los importados el 100%.

El número de copias de la secuencia transgénica P35S en las muestras para consumo humano, osciló entre 1,35E+3 copias/g y 1,15E+4 copias/g; y para consumo animal entre 1,25E+4 copias/g y 1,80E+5 copias/g.

Se observó que en el etiquetado del 100% de los productos alimenticios de

**Tabla 1.** Cuantificación de copias del P35S en muestras de alimentos de maíz para consumo humano.

Código	Producto	País	Presentación	P35S copias/g
MP1	Maíz expandido con miel	Perú	Bolsa de 140 g	-
MC1	Corn flakes	Colombia	Caja de 200g	1,15E+4
MM1	Corn flakes sin gluten	México	Caja de 405 g	7,85E+3
MP2	Corn flakes	Perú	Bolsa de 500 g	8,80E+3
MP3	Corn Flakes con gluten	Perú	Bolsa de 200 g *	9,75E+3
MP4	Hojuelas de maíz azucaradas	Perú	Bolsa de 130 g *	-
MP5	Corn flakes azucarados	Perú	Bolsa de 200g	1,70E+3
MM2	Corn flakes Hojuelas de maíz	México	Bolsa de 500g *	5,75E+3
MM3	Corn flakes sin gluten	México	Caja de 180 g	2,95E+3
MS1	Corn flakes Hojuelas de maíz con vitaminas	Suiza	Caja de 250 g	-
MB1	Hojuelas de maíz azucaradas	Bolivia	Bolsa de 90 g	4,90E+3
MM4	Hojuelas de maíz con azúcar	México	Caja de 350 g	4,60E+3
MP6	Tortilla de maíz natural	Perú	Bolsa de 150 g	2,30E+3
MP7	Tortilla frita de maíz	Perú	Bolsa de 100 g	7,50E+3
MP8	Maíz frito en hojuelas	Perú	Bolsa de 138 g	3,75E+3
MP9	Tortilla frita de maíz	Perú	Bolsa de 200 g	2,10E+3
MP10	Tortilla frita de maíz amarillo	Perú	Bolsa de 150 g	-
MP11	Tortillas fritas de maíz Nachos	Perú	Bolsa de 200 g *	2,55E+3
MP12	Tortillas fritas de maíz Nachos	Perú	Bolsa de 42 g *	2,87E+3
MP13	Tortillas fritas de maíz con sabor a queso	Perú	Bolsa de 85 g	-
MP14	Pop corn maíz expandido extra	Perú	Bolsa de 95 g *	1,60E+3
MP15	Pop corn maíz expandido original	Perú	Bolsa de 95 g *	1,35E+3
MP16	Maíz gigante frito salado	Perú	Bolsa de 500 g *	-
MP17	Maíz Gigante frito salado	Perú	Bolsa de 80 g	-
MP18	Maíz gigante original	Perú	Bolsa de 100 g	-
MP19	Maíz imperial	Perú	Bolsa de 100 g	-
MP20	Cancha chulpi	Perú	Bolsa de 150 g	-
MCh1	Cancha chulpi	Chile	Bolsa de 180 g	2,50E+3
MP21	Palitos extruidos de maíz	Perú	Bolsa de 36 g *	2,10E+3
MP22	Palitos de maíz	Perú	Bolsa de 43 g	2,75E+3

\* Procesado con otros productos.

- No se detectó la secuencia transgénica P35S.

maíz para consumo humano y animal, no había información sobre la presencia o ausencia de componentes transgénicos.

## DISCUSIÓN

En un elevado porcentaje (66,66%) de las muestras de alimentos de maíz para consumo humano se detectó la secuencia transgénica P35S, lo que demuestra que son alimentos transgénicos; este porcentaje es superior a la mayoría de los

obtenidos en otros países como: Costa Rica 41,2%<sup>(19)</sup>, Nigeria 26,7%<sup>(14)</sup> y Turquía 32,6%<sup>(24)</sup>; e inferior a una minoría como los obtenidos en Jordania 100%<sup>(25)</sup> y Costa Rica 86,1%<sup>(26)</sup>.

Estos reportes demuestran que, en países de diferentes continentes, se comercializan productos alimenticios de maíz con componentes transgénicos. Datos como el nuestro ponen en evidencia su consumo significativo en todo el mundo. El P35S está presente en alrededor

del 95% de las plantas transgénica cultivadas que se comercializan en todo el mundo<sup>(18)</sup>, dicha secuencia transgénica es la más frecuentemente detectada en los análisis de los productos alimenticios transgénicos. Por ejemplo, en Costa Rica<sup>(26)</sup> en 36 muestras de alimentos detectaron el P35S en el 86,0%, y en Turquía<sup>(24)</sup> en 43 muestras de maíz detectaron el P35S en el 32,6%; años después también en Turquía<sup>(27)</sup> en 472 muestras de productos alimenticios diversos detectaron

**Tabla 2.** Cuantificación de copias del P35S en muestras de granos de maíz amarillo para consumo animal.

Código	País	Animal de destino	P35S Copias/g
MA E1	E.U.A.	Aves de corral	7,75E+4
MA E2	E.U.A.	Aves de corral y porcinos	2,95E+4
MA E3	E.U.A.	Bovinos y porcinos	4,12E+4
MA E4	E.U.A.	Aves de corral y cuyes, conejos, perros y gatos	1,80E+5
MA A1	Argentina	Aves de corral	6,75E+4
MA A2	Argentina	Ganadería	1,87E+4
MA B1	Brasil	Aves de corral	4,25E+4
MA C1	Canadá	Aves de corral, vacas y conejos	8,95E+4
MA P1	Perú	Aves de corral, conejos y peces	-
MA P2	Perú	Aves de corral	1,25E+4

E.U.A: Estados Unidos de Norteamérica.

- No se detectó la secuencia transgénica P35S.

el P35S en el 10,2%, y en Jordania <sup>(25)</sup> en 11 muestras de semillas de maíz detectaron el P35S en el 100%. Estos resultados sustentan la importancia de detectar el P35S para evidenciar la presencia de componentes transgénicos en productos alimenticios de maíz.

El 70% de los productos alimenticios positivos para P35S fue fabricado en el Perú. En ellos, su presencia en la muestra se debió principalmente a que el maíz era importado, o se estaba cultivando maíz genéticamente modificado contaminado o ilegalmente. En el Perú, por las moratorias del 2011 al 2035 (Leyes: 29811-2011 y 31111-2021) no se pueden cultivar, ni importar organismos vivos modificados genéticamente; pero sí, insumos de origen transgénico para la alimentación. También es posible la contaminación genética adventicia durante el transporte y almacenamiento <sup>(11, 28)</sup>, y/o durante el procesamiento, debido a que en las plantas industriales se procesan junto con otros productos que pueden contener insumos transgénicos <sup>(20, 29)</sup>; lo cual es mencionado en el 30% de las etiquetas de los envases.

En los países limítrofes Colombia, Brasil, Bolivia y Chile se cultiva maíz transgénico <sup>(21)</sup>, lo cual hace factible que, mediante la dispersión de transgenes se polinicen los cultivos nativos en el Perú. Esta posibilidad se sustenta en los estudios sobre contaminación transgénica re-

portados por Mazo Castaño y Rodríguez Susa <sup>(29)</sup> en Colombia, Oviedo-Bolaños et al. <sup>(19)</sup> en Costa Rica y Trejo-Pastor et al. <sup>(30)</sup> en México. Los transgenes de los cultivos de maíz RR (Roundup Ready) resistentes al herbicida glifosato, y de los cultivos Bt (*Bacillus thuringiensis*) que producen la toxina Cry, que es un insecticida, podrían conservar en forma permanente su capacidad de desarrollo y de expresión de proteínas recombinantes <sup>(30)</sup>.

En la cuantificación de la concentración del P35S, el límite que se obtuvo fue de 13 copias/reacción, valor muy cercano al límite de detección establecido por el fabricante; lo que evidencia la precisión del método empleado. La muestra de menor número de copias/g fue pop corn maíz expandido original MP15 (Perú) y la de mayor número corn flakes MC1 (Colombia). Estos datos muestran la diferente concentración de secuencias transgénicas que se puede encontrar en cada producto alimenticio; la cual puede deberse a la diferente concentración de transgenes en el maíz original, o a las variaciones como consecuencia del proceso de industrialización <sup>(12, 13, 20)</sup>.

La cuantificación de copias de ADN transgénico cobró especial importancia, cuando la Comisión Europea, aplicando el criterio de bioseguridad por riesgos para la salud humana, consideró que la inserción de demasiadas copias de ADN extraño en una posición no deseada o de

múltiples segmentos genéticos con reordenaciones puede potenciar o silenciar ciertos procesos de producción de proteínas, y provocar cambios en su composición, con la aparición de componentes potencialmente tóxicos que podrían poner en riesgo la salud humana <sup>(14)</sup>. Debido a la importancia del principio de precaución, la legislación de numerosos países fija un umbral de aceptabilidad para los productos alimenticios transgénicos <sup>(4)</sup>.

En el 90% de las muestras de granos de maíz amarillo para consumo animal se detectó el P35S, porcentaje superior a los reportados en Turquía 9,5% <sup>(31)</sup> y en Costa Rica 62,5% <sup>(26)</sup>; pero concuerda con el reporte del Departamento de Agricultura de Estados Unidos de América <sup>(32)</sup>, que afirma que más del 95% de los animales de abasto son alimentados con transgénicos. El P35S se detectó en todas las muestras importadas, las cuales provinieron de Argentina, Brasil, Canadá y Estados Unidos de América; los 4 países son los mayores productores de maíz genéticamente modificado del mundo <sup>(33)</sup>. De las 2 muestras de maíz amarillo nacional, en una se detectó el transgén; posiblemente el cultivo era transgénico, lo cual es probable, debido a que se ha detectado cultivo de maíz transgénico en el Perú <sup>(34)</sup>, o que se haya contaminado en el transporte o almacenamiento <sup>(11, 28)</sup>, lo que es favorecido por su manejo a granel.

En la cuantificación de la concentración del P35S, la muestra de menor

número de copias/g fue MAP2 (Perú) y la de mayor número MAE4 (EUA). La cuantificación de copias/g en promedio fue mayor en las muestras para consumo animal, lo cual posiblemente se debe a que los productos para humanos son procesados y para animales, no.

En el etiquetado, en todos los productos para consumo humano no se menciona presencia o ausencia de secuencias transgénicas, contraviniendo lo que establece el Código de Protección y Defensa del Consumidor (Ley 29571- 2011). Situación similar a la de otros países como Colombia, donde se analizaron 13 muestras de cereal en cuyo etiquetado decía «libre de OGM»; sin embargo, el 84,6 % lo contenía<sup>(35)</sup>. En Brasil, se demostró que menos del 3% de los alimentos transgénicos cumplían con la legislación sobre etiquetado<sup>(36)</sup>. Las principales razones que argumentan los industriales y comerciantes de alimentos transgénicos en el Perú para no mencionar su presencia en el etiquetado son: la ley no se ha reglamentado, no se ha comprobado fehacientemente que los alimentos transgénicos causen enfermedad<sup>(5, 33)</sup> y atemoriza a la población, lo cual disminuye su consumo. Actualmente no existe acuerdo a nivel internacional sobre la legislación respecto al consumo de alimentos transgénicos y a su mención en la etiqueta.

En los sacos de muestras de granos de maíz para consumo animal, no se menciona si contienen o no secuencias transgénicas. Los comerciantes y criadores de aves y de ganado lo consideran intrascendente, y en los centros de recepción y distribución de granos de maíz consideran que el maíz que importan es transgénico y que el maíz de producción nacional, no lo es.

En el Perú se requiere con urgencia que se reglamente la Ley sobre etiquetado de los productos alimenticios transgénicos, y que se incluya el componente transgénico específico que contiene; sugerencia que se sustenta principalmente en que no es concluyente su inocuidad y en el derecho del consumidor de estar informado, además, que posibilita a nuestros investigadores evaluar su patogenicidad potencial.

Entre las limitaciones del estudio consideramos que, en los alimentos para con-

sumo humano, sólo evaluamos productos industrializados envasados y etiquetados, de marcas registradas con autorización sanitaria; pero, en mercados, bodegas de abarrotes y venta ambulatoria se comercializan masivamente productos similares que no cumplen con estos requisitos. En la recopilación de datos sobre maíz amarillo para consumo de animales de abasto hubo respuestas poco precisas de los importadores y comerciantes, y en algunos casos no documentada. Aparte, suelen mezclar los maíces de diferente origen, lo que dificultó el muestreo, por cuanto teníamos que garantizar que las muestras de maíz en cada almacén provenían de un solo país. Aun así, pudo haber contaminación adventicia; aunque todas las muestras de maíz importado mostraron tener secuencias transgénicas. Determinamos que las muestras contenían secuencias transgénicas a través de la detección del promotor 35S; pero no evaluamos otras secuencias transgénicas, que podrían haber proporcionado información más detallada.

En conclusión, haber detectado contenido transgénico en la mayoría de los alimentos industrializados de maíz para consumo humano, y en granos de maíz para consumo de animales de abasto, cuyos productos van a ser ingeridos por humanos; evidencian la necesidad de su mención en el etiquetado, que actualmente no se cumple, y la implementación de una política exigente en bioseguridad alimentaria, para que no afecte la salud de los consumidores y favorezca el desarrollo socioeconómico sostenible del Perú, generado por la biotecnología.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Coelho-Costa E. R. Decodificando organismos genéticamente modificados e seu impacto na alimentação. *Revista Mangút: Conexões Gastronômicas*. 2021; 1(1): 239-246. Disponible en: <https://revistas.ufrj.br/index.php/mangut/article/view/41761>
2. Kumar K, Gambhir G, Dass A, Tripathi AK, Singh A, Jha AK, Yadava P, Choudhary M, Rakshit S. Genetically modified crops: current status and future prospects. *Planta*. 2020; 251(4): 91. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00425-020-03372-8>
3. Uslu T. Advantages, risks and legal perspectives of GMOs in 2020s. *Plant Biotechnol Rep*. 2021; 15: 741-751. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11816-021-00714-0>
4. Moreira C, Rampazzo L. Organismos Genéticamente Modificados: Uma Análise À Luz Do Princípio Da Precaução. *Revista de Biodireito e Direito dos Animais*. 2021; 7(1): 98-115. Disponible en:

- <https://www.indexlaw.org/index.php/revistarbda/article/view/7954>
5. Shen C, Yin XC, Jiao BY, Li J, Jia P, Zhang XW et al. Evaluation of adverse effects/events of genetically modified food consumption: a systematic review of animal and human studies. *Environ Sci Eur*. 2022; 34(8): 1-33. DOI: <https://doi.org/10.1186/s12302-021-00578-9>
  6. Traversa Tejero IP. Diagnóstico de Alimentos con Origen Transgénico en la Frontera Uruguay-Brasil: Legislación, Conocimiento y Rotulado. *Revista Salud Pública y Nutrición*. 2021; 20(4), 47-56. DOI: <https://doi.org/10.29105/respyn20.4-5>
  7. Séralini GE, Clair E, Mesnage R, Gress S, Defarge N, Malatesta M, et al. Republished study: long-term toxicity of a Roundup herbicide and a Roundup-tolerant genetically modified maize. *Environ Sci Eur*. 2014; 26(1): 14. DOI: [10.1186/s12302-014-0014-5](https://doi.org/10.1186/s12302-014-0014-5).
  8. Aris A, Leblanc S. Maternal and fetal exposure to pesticides associated to genetically modified foods in Eastern Townships of Quebec, Canada. *Reprod Toxicol*. 2011; 31(4): 528-33. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.reprotox.2011.02.004>
  9. Corporación Grupo Semillas, Vélez Ortiz G. Cultivos transgénicos en Colombia. [Internet]. Bogotá, Colombia; Corporación Grupo Semillas; 2019 [citado el 26 de abril del 2023]. Disponible en: <https://isbn.cloud/978958909131/cultivos-transgenicos-en-colombia/>
  10. Folch i Montori I. Mecanismos de detección de organismos genéticamente modificados. *Phytohemeroteca*. [Internet]. 2007; 185 [citado el 26 de abril del 2023]. Disponible en: <https://www.phytoma.com/la-revista/phytohemeroteca/185-enero-2007/mecanismos-de-deteccion-de-organismos-geneticamente-modificados>
  11. Leao-Buchir J, Pereira GV, Silva A, Alban S, Rocha M, Poletini J et al. Real-time PCR for traceability and quantification of genetically modified seeds in lots of non-transgenic soybean. *Biosciencie*. 2018; 34(1): 34-41. DOI: [10.14393/BJ-v34n1a2018-37236](https://doi.org/10.14393/BJ-v34n1a2018-37236)
  12. Holst-Jensen A, Bertheau Y, de Loose M, Grohmann L, Hamels S, Hougs L, Morisset D, Pecoraro S, Pla M, Van den Bulcke M, Wulff D. Detecting unauthorized genetically modified organisms (GMOs) and derived materials. *Biotechnol. Adv*. 2012; 30(6): 1318-1335. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.biotechadv.2012.01.024>
  13. Ashrafi-Dehkordi E, Mazloomi SM, Hemmati F. A comparison of DNA extraction methods and PCR-based detection of GMO in textured soy protein. *J Consum Prot Food Saf*. 2021; 16: 51-57. DOI: <https://doi.org/10.71007/s00003-020-01300-2>
  14. Chibuzor A, Chidozie P, Oyejide O. Detection of genetically modified DNA in processed maize and soybean products in Nigeria. *Afr. J. Biotechnol*. 2018; 17(35): 1090-1098. DOI: [10.5897/AJB2018.16479](https://doi.org/10.5897/AJB2018.16479)
  15. World Trade Organization (WTO). European Communities - Measures Affecting the Approval and Marketing of Biotech Products (DS291, DS292, DS293). [Internet]. 2006 sep 29 [citado el 26 de abril del 2023]. Disponible en: [https://www.wto.org/english/tratop\\_e/dispu\\_e/291r\\_1\\_e.doc](https://www.wto.org/english/tratop_e/dispu_e/291r_1_e.doc)
  16. Grobman A, Bonavia D, Dillehay TD, Piperno DR, Iriarte J, Holst I. Pre-ceramic maize from Paredones and Huaca Prieta, Peru. *Proc Natl Acad Sci U S A*. 2012; 109(5): 1755-1759. DOI: [10.1073/pnas.1120270109](https://doi.org/10.1073/pnas.1120270109)
  17. International Service for the Acquisition of Agri-Bio-Tech Applications (ISAAA). Brief 52. Global Status

- of Commercialized Biotech/GM Crops. [Internet]. ISAAA: Ithaca, NY, 2016. [citado el 25 de abril del 2023]. Disponible en: <file:///F:/OGM%20REFERENCIAS/SOYA/2016-%20isaaa-brief-52-2016.pdf>
18. Rabiei M, Mehdizadeh M, Rastegar H, Vahidi H, Alebouyeh M. Detection of Genetically Modified Maize in Processed Foods Sold Commercially in Iran by Qualitative PCR. *Iran J Pharm Res.* 2013; 12(1): 25-30. PMID: PMC3813200
  19. Oviedo-Bolaños K, García-González J, Solano-González S, Martínez-Debat C, Sancho-Blanco C, Umaña-Castro R. Detección del promotor 35S mediante PCR tiempo-real: indicador de transgenicidad en alimentos y *Gossypium* sp. *Agron. Mesoam.* 2020; 31(1): 209-221. DOI:10.15517/am.v31i1.37151
  20. Cortese R, Martinelli S, Fabri E, Melgarejo L, Nodari R, Cavalli S. Reflections on proposed modifications to the regulation of genetically modified food labeling in Brazil. *Ciênc. saúde coletiva.* 2021; 26(12):6235-6246. DOI: 10.1590/1413-812320212612.34772020
  21. Ardisana E, Gainsa B, Torres A, Fosado, O. Alimentos transgénicos: ¿Sí o No? La Perspectiva Sudamericana. *Chakiñan, Revista de Ciencias Sociales y Humanidades.* 2019; 8: 148-157. <https://doi.org/10.37135/chk.002.08.10>
  22. Broeders S, Huber I, Grohmann L, Berben G, Taverniers I, Mazzara M et al. Guidelines for validation of qualitative real-time PCR methods. *Trends Food Sci Technol.* 2014; 37(2): 115-126. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2014.03.008>
  23. European Network of GMO Laboratories (ENGL). Definition of Minimum Performance Requirements for Analytical Methods of GMO Testing. [Internet]. Ispra, Italy, ENGL, 2015 [citado el 24 de abril del 2023]. Disponible en: [https://gmo-crl.jrc.ec.europa.eu/doc/MPR%20Report%20Application%2020\\_10\\_2015.pdf](https://gmo-crl.jrc.ec.europa.eu/doc/MPR%20Report%20Application%2020_10_2015.pdf)
  24. Ozgen O, Yilmaz F, Muratoglu K. PCR detection of genetically modified maize and soy in midly and highly processed foods. *Food Control.* 2013; 32(2): 525-531. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodcont.2013.01.023>
  25. Aburumman A, Migdadi H, Akash M, Al-Abdallat A, Dewir YH, Farooq M. Detection of genetically modified maize in Jordan. *GM Crops & Food.* 2020; 11(3): 164-170. DOI: <https://doi.org/10.1080/21645698.2020.1747353>
  26. Carvajal P, Ureña H, Umaña J, Sancho C, Solano F, Arleo M et al. Detección molecular de secuencias de ADN transgénico en alimentos de consumo humano y animal en Costa Rica. *Agronomía Costarricense.* 2017; 41(1): 53-68. <https://doi.org/10.15517/rac.v41i1.29751>
  27. Erkan I, Dastan K. Real-Time PCR detection of genetically modified organisms in several food products and their environmental effects in turkey. *Fresenius Environ Bull.* 2017; 26(4): 2589-2595. Disponible en: [file:///C:/Users/cmend/Downloads/Real\\_Time\\_PCR\\_Detection\\_of\\_Genetically\\_M.pdf](file:///C:/Users/cmend/Downloads/Real_Time_PCR_Detection_of_Genetically_M.pdf)
  28. Santa-María M, Lajo-Morgan G, Guardia L. Adventitious presence of transgenic events in the maize supply chain in Perú: A case study. *Food control.* 2014; 41(1): 96-101. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2014.01.006>
  29. Mazo Castaño C, Rodríguez Susa M. Modelo de dispersión de polen de maíz transgénico en el municipio de Tierralta (Córdoba, Colombia). *Cienc. Technol. Agropecuaria.* 2021; 22(1): e1637. DOI: [https://doi.org/10.21930/rcta.vol22\\_num1\\_art:1637](https://doi.org/10.21930/rcta.vol22_num1_art:1637)
  30. Trejo-Pastor V, Espinosa-Calderón A, Mendoza-Castillo M, Kato-Yamakake T, Morales-Floriano M, Tadeo-Robledo M et al. Grano de Maíz comercializado en México como Potencial Dispersos de eventos transgénicos. *Rev. Fitotec. Mex.* 2021; 44(2): 251-259. <https://doi.org/10.35196/rfm.2021.2.251>
  31. Baran M, Özcelik F. Detection of genetically modified maize in foods and feedstuff by PCR methods. *Gida.* 2018; 43(6): 971-983. DOI: <https://doi.org/10.15237/gida.GD18071>
  32. United States Department of Agriculture (USDA). World Agricultural Production. [Internet]. 2022 Feb. [citado 20 set 2022]. Disponible en: <https://apps.fas.usda.gov/PSDOnline/Circulars/2022/02/production.pdf>
  33. Agrodota Perú. Maíz amarillo duro. [Internet]. 2022 [Consultado 12 Abr 2023]. Disponible en: <https://www.agrodota Peru.com/2022/09/maiz-amarillo-duro-peru-importacion-2022-agosto.html>
  34. Delgado L. Balance de la Moratoria a los Organismos vivos modificados en el Perú. [Internet]. Lima, Perú: Sociedad Peruana de Derecho Ambiental; 2021 [citado 25 abril 2022]. Disponible en: [https://spda.org.pe/wpfb-file/balance\\_moratoria\\_final-pdf/](https://spda.org.pe/wpfb-file/balance_moratoria_final-pdf/)
  35. Castillo Castillo SK. Determinación de proteínas transgénicas en cereales para el desayuno de maíz etiquetado como libres de OGM [tesis de maestría]. Bogotá: Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Colombia; 2017. Disponible en: <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/62075>
  36. Cortese Dal Molin R. Análise da rotulagem de alimentos elaborados a partir de organismos geneticamente modificados: a situação do Brasil. [tesis doutorado]. Florianópolis: Centro de Ciências da Saúde, Universidad Federal de Santa Catalina; 2019. Disponible en: <https://repositorio.ufsc.br/handle/123456789/205103>