

Detección de indicadores de transgenicidad y de soya transgénica en alimentos industrializados expendidos en Lima Metropolitana

Detection of indicators of transgenicity and transgenic soybean in industrialized foods sold in Metropolitan Lima

Germán Vergaray ^{1,a}, Carmen Rosa Méndez ^{1,b}, José María Miguel Guevara ^{2,c}, Roger Aníbal Gamboa ^{3,d}, Vilma Ruth Béjar ^{2,e}

¹ Instituto de Investigación de Ciencias Biológicas «Antonio Raimondi». Facultad de Ciencias Biológicas, Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Lima, Perú.

² Instituto de Medicina Tropical «Daniel A. Carrión». Facultad de Medicina, Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Lima, Perú.

³ Facultad de Ciencias Biológicas, Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Lima, Perú.

^a Doctor en ciencias biológicas. ORCID: 0000-0003-1245-159X

^b Doctora en salud pública. ORCID: 0000-0002-8982-9127

^c Médico especialista en patología clínica. ORCID: 0000-0003-2018-0339

^d Magíster en ciencia y tecnología de alimentos. ORCID: 0000-0002-4321-4717

^e Magíster en salud pública. ORCID: 0000-0003-2733-4492

An Fac med. 2024;85(1):21-27. / DOI: <https://doi.org/10.15381/anales.v85i1.26575>.

Correspondencia:

Carmen Rosa Méndez Farro
cmendezf@unmsm.edu.pe

Recibido: 27 de diciembre 2023

Aprobado: 19 de febrero 2024

Publicación en línea: 25 de marzo 2024

Conflicto de interés: Los autores declaran no tener conflicto de interés.

Fuente de financiamiento: Vicerrectorado de Investigación y Posgrado, Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Resolución Rectoral: N°05744-R-18.

Contribuciones de los autores: Germán Vergaray: conceptualización, curación de datos, adquisición de fondos, investigación, metodología, administración del proyecto, supervisión, visualización, redacción de borrador, revisión y edición. Carmen Rosa Méndez: conceptualización, curación de datos, análisis formal, adquisición de fondos, investigación, metodología, administración del proyecto, visualización, redacción de borrador, revisión y edición. José María Miguel Guevara: conceptualización, análisis formal, investigación, programa informático, validación, revisión y edición. Roger Aníbal Gamboa: conceptualización, curación de datos, análisis formal, investigación, recursos, programa informático, validación, revisión y edición. Vilma Ruth Béjar: conceptualización, adquisición de fondos, investigación, recursos, visualización, revisión y edición.

Citar como: Vergaray G, Méndez C, Guevara J, Gamboa R, Béjar V. Detección de indicadores de transgenicidad y de soya transgénica en alimentos industrializados expendidos en Lima Metropolitana. An Fac med. 2024; 85(1):21-27. DOI: <https://doi.org/10.15381/anales.v85i1.26575>.

Resumen

Introducción. El consumo de alimentos industrializados que contienen organismos genéticamente modificados (OGM) se ha incrementado notablemente. Desde su inicio ha generado crecientes controversias debido a que se considera de riesgo para la salud. En Perú se carece de información científica sobre los OGM en alimentos industrializados. **Objetivo.** Detectar y cuantificar molecularmente los indicadores de transgenicidad P35S y TNOS, y la soya transgénica *Roundup Ready* en alimentos industrializados de soya; y verificar su mención en la etiqueta. **Métodos.** Analizamos 30 muestras, para extraer el ADN utilizamos los kits Dneasy Mericon Food y Dneasy Power Soil. Para la detección y cuantificación de las secuencias transgénicas usamos la técnica PCR en tiempo real con los kits Mericon. **Resultados.** Detectamos transgenicidad en el 100% de las muestras y soya *Roundup Ready* en el 66,7%. El número de copias/mL o g de muestra osciló entre 1,21E+0 y 8,88E+7. En el etiquetado del 93,3% de las muestras no hubo referencia a componentes transgénicos. **Conclusión.** Los hallazgos evidencian la urgente necesidad de que la legislación vigente se actualice de acuerdo con los conocimientos científicos y el desarrollo socioeconómico del país, protegiendo la salud y el derecho a la información de la población.

Palabras claves: Soya; Organismos Modificados Genéticamente; Alimentos Industrializados; Etiquetado de Alimentos (fuente: DeCS BIREME)

Abstract

Introduction. The consumption of industrialized foods that contain genetically modified organisms (GMOs) has increased significantly. Since its inception, it has generated growing controversies because it is considered a health risk. In Peru there is a lack of scientific information on GMOs in industrialized foods. **Objective.** Molecularly detect and quantify transgenic indicators P35S and TNOS, and of Roundup Ready transgenic soybeans in industrialized soy foods and verify their mention on the label. **Methods.** 30 samples were analyzed; To extract the DNA, the Dneasy Mericon Food and Dneasy Power Soil Kits were used, and for the detection and quantification of the transgenic sequences, the real-time PCR technique with the Mericon kits. In addition, the labeling was reviewed. **Results.** Transgenicity was detected in 100% of the samples and Soy RR in 66,67%; The number of copies/mL or g of sample ranged between 1,21E+0 and 8,88E+7 and in the labeling of 93,3% of the samples there was no reference to transgenic components. **Conclusion.** The findings show the urgent need for current legislation to be updated in accordance with the scientific knowledge and the socioeconomic development of the country, protecting health and the right to population information.

Keywords: Soybeans; Genetically Modified Organism; Industrialized Foods; Food Labeling; (source: MeSH NLM)

INTRODUCCIÓN

Desde la década de los 90, el inicio e incremento de la comercialización y consumo de alimentos vegetales transgénicos fue motivado, principalmente, por la necesidad de aumentar la productividad y calidad de los alimentos, para poder atender las necesidades de nutrición de una población mundial creciente^(1,2). Sin embargo, su producción y consumo ha generado intensas y crecientes controversias en la comunidad científica y población en general⁽¹⁾; debido a que algunos los consideran beneficiosos e inoocuos y otros, de riesgo para la salud y para el medio ambiente⁽³⁻⁵⁾.

La especie vegetal alimenticia transgénica de mayor cultivo en el mundo es la soya o soja (*Glycine max* L.)⁽⁶⁾, la cual tiene variados usos en la alimentación humana y animal. El 40% de la semilla seca es proteína, el 20% aceite, el 35% carbohidratos y el 5% ceniza; también tiene los aminoácidos esenciales, vitaminas y minerales. La soya natural ha sido modificada genéticamente para que exprese genes de tolerancia al herbicida glifosato y de resistencia a los insectos lepidópteros. El 82% de la soya cultivada es del evento transgénico Soya GTS 40-3-2⁽⁷⁾, conocido comercialmente como *Soy Roundup Ready* (RR).

Estudios realizados en países de diferentes continentes han demostrado la presencia de secuencias transgénicas en productos alimenticios industrializados de soya de consumo masivo⁽⁸⁻¹⁰⁾. De igual manera, se ha comprobado que el público consumidor no está adecuadamente informado, si el producto alimenticio que va a consumir tiene o no componentes transgénicos^(11, 12). Esta situación ha aumentado la preocupación por el riesgo para la salud humana y agudizado las controversias al respecto.

Es indudable la importancia para la nutrición humana de los productos alimenticios industrializados que tienen soya transgénica. También son conocidos los riesgos potenciales para la salud debido a su consumo masivo y reiterado. Sin embargo, en el Perú y en numerosos países de Latinoamérica se carece de información científica sobre la presencia y cuantificación de componentes transgénicos en dichos productos. Tampoco se conoce el nivel de comunicación al res-

pecto, y qué tipo de información es transmitida a la población.

Esta brecha en el conocimiento dificulta que se establezcan políticas de estado que dispongan las medidas adecuadas sobre un recurso alimentario de importancia nacional y mundial. Por ello, los datos obtenidos van a contribuir a conocer con mayor precisión el nivel de comercialización y consumo de productos alimenticios que tienen soya transgénica, y el de la información declarada sobre su contenido que termina comunicándose a la población.

El objetivo del estudio fue detectar y cuantificar molecularmente los indicadores de transgenicidad promotor 35S y terminador NOS, y la soya transgénica *Roundup Ready* (RR Soy) en productos alimenticios industrializados de soya de consumo humano masivo que se expenden en Lima Metropolitana. También se verificó si en la etiqueta se comunicaba sobre la presencia o ausencia de componentes transgénicos.

MÉTODOS

Diseño

La investigación fue aplicada, observacional, descriptiva y transversal.

Recolección de las muestras

Recolectamos 30 muestras de productos alimenticios en 2 series de muestras: 20 en marzo y abril del 2019, y 10 en marzo y abril de 2022. Como clientes, los productos fueron adquiridos de manera inopinada e indistintamente en mercados y supermercados escogidos al azar en 4 sectores: norte, sur, este y oeste de Lima Metropolitana,

Para la selección de las muestras se tomó en consideración que sean productos industrializados, de expendio y consumo humano masivo, con registro sanitario, herméticamente envasados, de soya o que tengan soya como ingrediente principal y que los datos correspondientes al producto figuren en la etiqueta.

En la primera serie se adquirieron todos los productos que reunían los criterios de selección, que se expendían en Lima; en la segunda, los nuevos productos que aparecieron en el comercio en los siguientes 3 años.

Las muestras estaban envasadas en bolsas o botellas de plástico. En la etiqueta se revisaron los datos del producto, en particular si se mencionaba presencia o ausencia de componentes transgénicos.

Extracción del ADN

Previo a la extracción del ADN se lavó el material con el detergente dextran y etanol, se le esterilizó y luego se le trató con la solución de Rnasa away para eliminar interferencias. En cada mortero se colocó 10 g o mL de la muestra, se le agregó nitrógeno líquido y se procedió a su pulverización y/u homogeneización.

La extracción de ADN se realizó según lo establecido en el kit Dneasy Mericon Food Código 69514. En las muestras en las que no se pudo extraer el ADN se realizó una segunda extracción empleando el kit Dneasy Power Soil Código 12888-50. La extracción se realizó por duplicado para mejorar la calidad de los resultados. Se trabajó con 50 ng de ADN de cada muestra, previamente verificada con el fago λ . La calidad de la extracción de los ácidos nucleicos se verificó con el kit de detección Mericon Screen 35S.

Detección y cuantificación de copias de las secuencias transgénicas

Para la detección y cuantificación de secuencias transgénicas aplicamos la metodología de PCR en tiempo real utilizando el rotor Gene Q. Para la detección de transgenicidad empleamos el promotor 35S, para lo cual usamos el kit Mericon Screen 35S catálogo N° 291013 de Qiagen GmbH. Para el terminador NOS usamos el kit Mericon Screen NOS catálogo N° 291043. Para el evento transgénico *Roundup Ready Soy* usamos el kit Mericon RR Soy catálogo N° 291113. La detección y cuantificación en los 3 casos se realizó por duplicado para cada muestra.

Control y análisis de datos

En todos los procesos se utilizaron controles positivos y negativos. Al proceso PCR en tiempo real se le aplicó la optimización de la ganancia desde la primera adquisición. Para evaluar la consistencia de los resultados, realizamos pruebas de repetibilidad y medimos la desviación estándar de la repetibilidad. Para garantizar la exactitud, trabajamos con un control positivo que demostró estabilidad, ho-

mogeneidad y trazabilidad. Como criterio de la desviación estándar relativa se tomó como límite: 25%.

El límite de detección fue determinado por el fabricante del kit y es de 10 copias /reacción y el límite de cuantificación es aquel intervalo en el cual se determina la precisión con cierto grado de variabilidad aceptable. En el estudio, el límite de cuan-

tificación fue el valor más bajo de cuantificación con el que se obtuvo resultados con exactitud aceptable⁽¹³⁾.

RESULTADOS

El 33,3% (n = 10) de las muestras fue fabricado en el Perú y el 40,0% (n = 12) en China. El 66,7% (n = 20) de las muestras

fue de consistencia líquida. En la primera extracción (Kit Dneasy Mericon Food) se extrajo el ADN del 66,7% (n = 20) de las muestras. En la segunda (kit Dneasy Power Soil) el ADN de las 10 muestras pendientes (Tabla 1).

Se detectó transgenicidad en todas las muestras. Se encontró el promotor 35S en el 83,3% (n = 25) de las muestras

Tabla 1. Procedencia de los productos alimenticios industrializados de Soya y extracción del ADN de las muestras

Código	Producto	Procedencia	200 uL o ug	1ra. Extracción DNeasy Mericon Food Kit	2da. Extracción DNeasy Powersoil Kit
S-01	Leche de soya	Perú	L	PCR válida	-
S-02	Bebida de soya	Perú	L	PCR válida	-
S-03	Mezcla láctea	Perú	L	PCR inválida	PCR válida
S-04	Aceite de Soya	Brasil	L	PCR inválida	PCR válida
S-05	Aceite de Soya	Brasil	L	PCR inválida	PCR válida
S-06	Sillao oscuro	China	L	PCR inválida	PCR válida
S-07	Sillao claro	China	L	PCR válida	-
S-08	Sillao claro	China	L	PCR inválida	PCR válida
S-09	Sillao sabor marino	China	L	PCR válida	-
S-10	Salsa para costillares	China	S	PCR inválida	PCR válida
S-11	Salsa mensi	China	L	PCR válida	-
S-12	Salsa tausi	China	L	PCR válida	-
S-13	Tofu blando	EUA	S	PCR válida	-
S-14	Bebida de soya	Italia	L	PCR válida	-
S-15	Leche en polvo	Nueva Zelanda	S	PCR válida	-
S-16	Galletas integrales	Perú	S	PCR válida	-
S-17	Aceite vegetal	Perú	L	PCR válida	-
S-18	Harina de soya	Perú	S	PCR válida	-
S-19	Harina de soya tostadita	Perú	S	PCR válida	-
S-20	Salsa de ostión	China	L	PCR válida	-
S-21	Aceite de soya	Brasil	L	PCR inválida	PCR válida
S-22	Sillao medio oscuro	China	L	PCR inválida	PCR válida
S-23	Sillao	Perú	L	PCR inválida	PCR válida
S-24	Salsa para costillares	China	S	PCR inválida	PCR válida
S-25	Salsa tausi	China	L	PCR válida	-
S-26	Tofu	China	S	PCR válida	-
S-27	Leche en polvo	Nueva Zelanda	S	PCR válida	-
S-28	Galleta integral	Perú	S	PCR válida	-
S-29	Aceite vegetal	Perú	L	PCR válida	-
S-30	Salsa de ostión	China	L	PCR válida	-

L = líquido, S = sólido.

Tabla 2. Detección y cuantificación de copias de secuencias transgénicas/mL o g en productos alimenticios industrializados de soya

Código	Producto	P35S		Terminador NOS		RR Soy (CP4 EPSPS)	
		Ct	Copias/mL o g	Ct	Copias/mL o g	Ct	Copias/mL o g
S-01	Leche de soya ^a	23,65	2,14E+5	25,73	4,56E+4	23,29	2,79E+5
S-02	Bebida de soya	-	-	31,58	5,94E+2	-	-
S-03	Mezcla láctea	32,92	2,19E+2	-	-	39,38	1,82E+0
S-04	Aceite de Soya	33,18	1,80E+2	-	-	-	-
S-05	Aceite de Soya	33,22	1,76E+2	-	-	42,8	1,43E-1
S-06	Sillao oscuro	32,35	3,34E+2	-	-	-	-
S-07	Sillao claro	33,38	1,56E+2	33,38	1,14E+2	-	-
S-08	Sillao claro	33,16	2,08E+2	-	-	40,72	6,71E-1
S-09	Sillao sabor marino	33	2,06E+2	34,76	5,58E+1	-	-
S-10	Salsa para costillares	34,85	5,24E+1	-	-	42,92	1,31E-1
S-11	Salsa mensi	35,55	3,11E+1	-	-	-	-
S-12	Salsa tausi	-	-	34,65	2,94E+2	33,56	1,36E+2
S-13	Tofu blando	32,48	3,03E+2	26,43	2,72E+4	-	-
S-14	Bebida de soya	-	-	25,95	3,86E+4	31,67	5,55E+2
S-15	Leche en polvo	32,35	3,33E+2	-	-	38,48	3,53E+0
S-16	Galletas integrales	37,06	1,01E+1	-	-	-	-
S-17	Aceite vegetal ^a	31,17	8,03E+2	31,68	5,50E+2	30,64	1,19E+3
S-18	Harina de Soya	16,62	3,94E+7	17,96	1,46E+7	15,78	7,32E+7
S-19	Harina de Soya Tostadita	16,44	4,50E+7	17,84	1,59E+7	15,53	8,88E+7
S-20	Salsa de Ostión	30,21	2,01E+2	-	-	30,44	1,39E+3
S-21	Aceite de Soya	33,20	1,78E+2	-	-	42,3	1,40E-1
S-22	Sillao oscuro	32,23	3,14E+2	-	-	38,56	2,15E+2
S-23	Sillao	33,14	1,51E+2	33,6	1,08E+2	39,72	2,56E+1
S-24	Salsa costillares	34,45	5,02E+1	-	-	42,72	1,21E+1
S-25	Salsa tausi	-	-	32,86	3,06E+2	32,28	1,04E+2
S-26	Tofu	31,09	2,98E+1	27,12	2,64E+4	-	-
S-27	Leche en polvo	33,04	3,27E+2	-	-	38,19	3,39E+0
S-28	Galletas integrales	37,00	1,00E+1	-	-	-	-
S-29	Harina de Soya	30,67	7,95E+2	30,91	5,14E+2	30,12	1,01E+3
S-30	Salsa de ostión	-	-	29,84	2,34E+2	29,98	1,25E+3
St 1	Estándar 1	24,10	1,39E+05	-	-	-	-
St 2	Estándar 2	29,16	3,58E+03	-	-	-	-
St 3	Estándar 3	30,79	1,06E+03	-	-	-	-
St 4	Estándar 4	31,51	6,24E+02	-	-	-	-
St 5	Estándar 5	34,69	5,89E+01	-	-	-	-
CN	Control negativo	-	-	-	-	-	-

Ct = Valor de la ampliación

^a Mención de no contener transgénicos.

y el terminador NOS en el 50,0% (n = 15). En el 66,7% (n = 20) de las muestras se detectó la soya transgénica *Round ready* (GTS-40-3-2, CP4 EPSPS). En 6 muestras se detectaron las tres secuencias trans-

génicas (P35S, TNOS y RR Soy), en 18 se detectaron 2 y en 6 se detectó una.

En la cuantificación de copias de las secuencias transgénicas de los indicadores de transgenicidad se obtuvieron

los siguientes resultados. En el caso del P35S el número de copias/g ó mL osciló entre 1,00E+1 y 4,50E+7, del terminador NOS entre 5,58E+1 y 1,59E+7, y del evento transgénico RR Soy entre 1,82E+0 y 8,88E+7. En el 93,3% (n = 28) de las mues-

tras, no se mencionó presencia o ausencia de secuencias transgénicas (Tabla 2).

DISCUSIÓN

La mayoría de las muestras de alimentos analizadas fueron fabricadas en el extranjero; el mayor porcentaje de ellas provino de China; país que es el principal importador de soya transgénica en el mundo⁽⁶⁾.

El kit DNeasy Mericon Food permite la extracción y purificación rápida de ADN de alta calidad, al tiempo que minimiza el contenido de inhibidores de la PCR inherentes a las muestras de alimentos complejos. Sin embargo, no funcionó en el 33,33% de las muestras, probablemente porque tenían elevado contenido de grasa y/o moléculas de elevado peso molecular. El kit DNeasy Power Soil se caracteriza por su eficacia en romper células de moléculas complejas con elevado peso molecular, y recuperar ADN de mayor pureza y libre de inhibidores, lo que permite un aislamiento rápido de ADN genómico de alta calidad y una amplificación más exitosa al utilizar la técnica de PCR. Con este kit logramos extraer ADN de buena calidad de las 10 muestras pendientes.

En el 100% de las muestras de productos alimenticios industrializados que tienen soya como principal ingrediente se detectaron secuencias transgénicas; por lo que es razonable presumir que la soya es genéticamente modificada. Este porcentaje es superior a los obtenidos en Bosnia y Herzegovina 42,86%⁽¹⁴⁾, en Egipto 92,31%⁽¹⁵⁾ y en Malasia 93,85%⁽¹⁰⁾, e igual a los obtenidos en Irán⁽¹⁶⁾ y Turquía⁽¹⁷⁾. Estos reportes demuestran que en países de diferentes continentes es elevada la comercialización y consumo de alimentos industrializados de soya que tienen componentes transgénicos. Esta información y la revisión de referencias bibliográficas al respecto revelan el mayor interés de los países en vías de desarrollo por el consumo de dichos alimentos.

En la detección de las tres diferentes secuencias transgénicas se evidenció que el P35S es la de mayor frecuencia; lo cual tiene relación con lo reportado por Rabiei et al.⁽¹⁸⁾ quienes encontraron que está presente en alrededor del 95% de las plantas transgénicas cultivadas en todo el mundo. Dicha secuencia también es la

que se detecta con mayor frecuencia en el análisis de productos alimenticios transgénicos, como lo demostraron estudios similares al nuestro, Mostafa et al.⁽¹⁵⁾ en Egipto, quienes detectaron el P35S en el 92,31%, el TNOS y el EPSPS (RR soy) en el 7,69% de 13 muestras; y, Sani et al.⁽¹⁰⁾ en Malasia, quienes detectaron el P35S en el 93,85%, el TNOS en el 78,46% y la RR soy en el 86,15% de 85 muestras. Otros estudios tienen resultados más equilibrados en cuanto a frecuencia, sin perder la preponderancia del P35S. Chibuzor et al.⁽¹⁹⁾ en Nigeria, encontraron el P35S, el TNOS y el RR soy en el 39,7% de 23 muestras; y Safaei et al.⁽²⁰⁾ en Irán, encontraron el P35S, el TNOS y el RR soy en el 95% de 100 muestras.

Estos datos motivan a que algunos analistas moleculares se centren en el P35S para determinar la transgenicidad o como tamiz para detectar genes estructurales específicos⁽²¹⁾. En otros estudios y en el nuestro, se tomaron en consideración además al P35S y al TNOS. Ambos son secuencias reguladoras de la transcripción y forman parte de los constructos de la mayoría de las plantas alimenticias transgénicas aprobadas para su comercialización y consumo⁽²²⁾. Carvajal et al.⁽²³⁾ en Costa Rica detectaron el P35S en el 86% y el TNOS en el 72% de las muestras, y Sani et al.⁽¹⁰⁾ en Malasia detectaron el P35S en el 93,85% y el TNOS en el 78,46%; diferencias que también observamos en nuestro estudio. Estos resultados sugieren la conveniencia de utilizar el TNOS como complemento del P35S para detectar transgenicidad en alimentos o como tamiz para demostrar eventos específicos.

Detectamos la soya transgénica *Roundup Ready* en la mayoría de las muestras (66,67%). Estos resultados son diferentes a lo reportado en Bosnia-Herzegovina en el 42,86% de las muestras⁽¹⁴⁾, en Irán en el 95%⁽²⁰⁾, en Nigeria en el 39,7%⁽¹⁹⁾ y en Turquía en el 100%⁽¹⁷⁾. Estos hallazgos evidencian la comercialización y consumo masivo, en diversas partes del mundo, de productos alimenticios industrializados que contienen la soya transgénica *Roundup Ready*.

El glifosato y sus formulaciones comerciales, que son insoslayables al cultivo de la soya *Roundup Ready*, dañan el ADN y los cromosomas de células humanas y

de animales⁽²⁴⁾, y han sido asociados con trastornos endocrinos, neurológicos e intestinales⁽²⁵⁾. La creciente prevalencia de Alzheimer, demencia senil, Parkinson, trastorno por déficit de atención con hiperactividad (TDAH) y autismo en Estados Unidos de América, también ha sido asociada con el mayor uso de glifosato durante largo tiempo⁽²⁶⁾. En 2015, la Agencia Internacional de Investigación del Cáncer clasificó al glifosato como genotóxico y cancerígeno para animales y probablemente para humanos (grupo 2A)⁽²⁷⁾. La soya *Roundup Ready* presenta elevadas concentraciones de glifosato⁽²⁸⁾; los granos de soya presentan residuos de glifosato en niveles generalmente en aumento entre 2009 y 2013⁽²⁹⁾. Estos datos y el ambiente contaminado con el herbicida pueden explicar su presencia en la sangre, orina y leche materna^(30, 31).

La presencia de soya transgénica en los productos fabricados en el Perú se debe a que la soya es de origen extranjero, o se está cultivando soya transgénica contaminada, o ilegalmente. En el Perú, la moratoria del 2011 al 2035 (Leyes N° 29811- 2011 y 31111- 2021) no permite cultivar, ni importar organismos vivos genéticamente modificados; pero sí insumos de origen transgénico para la alimentación. También es posible la contaminación adventicia durante el procesamiento, debido a que en las plantas industriales se procesan junto con otros productos que pueden contener insumos transgénicos. El Perú no se autoabastece de soya; entre enero y agosto de 2022 importó 200 524 360 kg de soya en grano principalmente de Estados Unidos de América, Bolivia, Paraguay y Argentina⁽⁶⁾; todos ellos productores y exportadores de la soya transgénica RR.

En la cuantificación de copias de secuencias transgénicas, la evaluación indicó que la menor concentración de copias/g o mL se obtuvo con el evento transgénico RR soy en mezcla láctea, y la mayor con el mismo evento en harina de soya tostada, ambas fabricadas en el Perú. En este último producto se encontró la mayor concentración de las 3 secuencias transgénicas. Los datos revelan la diferente concentración de copias de cada secuencia que se puede encontrar en cada producto, indistinto de su com-

posición, marca o país de fabricación; la cual puede deberse a la diferente concentración de transgenes en la soya inicial y/o a las variaciones como consecuencia de los diferentes procesos de industrialización^(7,8). A mayor concentración de copias, mayor riesgo para la salud⁽¹¹⁾, y posiblemente mayor concentración del herbicida glifosato, lo cual aumentaría el riesgo⁽²⁴⁾.

En la mayoría de las etiquetas no hubo referencia a contenido de ingredientes transgénicos. En dos que mencionaban ausencia de transgénicos, se demostró que sí los tenía. Es de enfatizar que los productos fabricados en Brasil, China, Italia y Nueva Zelanda carecían de la información respectiva, no obstante que, en dichos países la mención es obligatoria.

En todos los casos, se contravino lo que establece el Código de Protección y Defensa del Consumidor del Perú (Ley N° 29571, 2011). Situación similar se presentó en Bosnia y Herzegovina⁽¹⁴⁾, Brasil⁽³⁴⁾, Costa Rica⁽²³⁾, Egipto⁽¹⁵⁾, Irán⁽¹⁶⁾ y Turquía⁽⁹⁾. Lo que pone en evidencia la poca importancia que se está dando a un problema discutible de trascendencia mundial.

Entre las limitaciones del estudio consideramos que, sólo tomamos en consideración los productos que cumplían con los requisitos preestablecidos, adquiridos en mercados y supermercados, prescindiendo de aquellos que no cumplían con los requisitos y que se expendían masivamente en bodegas de abarrotes y quioscos. Tampoco se evaluó la presencia del herbicida glifosato y de los ingredientes de sus distintas formulaciones, que son productos químicos genotóxicos y cancerígenos.

En conclusión, se ha demostrado secuencias transgénicas en todos los productos analizados, un elevado porcentaje contiene la soya transgénica RR Soy, y se incumple con la legislación peruana sobre etiquetado. Estos resultados ponen en evidencia la falta de interés de las autoridades y del público consumidor, sobre un tema preocupante de importancia nacional e internacional. Nuestros hallazgos evidencian la urgente necesidad de que en el Perú se actualice y aplique una legislación estricta y coherente con los conocimientos científicos sobre los productos alimenticios que contienen ingredientes

transgénicos y su etiquetado.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Bak A, Emerson JB. Cauliflower mosaic virus (CaMV) Biology, Management, and Relevance to GM Plant Detection for Sustainable Organic Agriculture. *Front. Sustain. Food Syst.* 2020; 4:21. DOI: 10.3389/fsufs.2020.00021
- 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>
- 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>
- International Service for the Acquisition of Agri-Biotech Applications -ISAAA. Brief N° 55: Global Status of Commercialized Biotech/GM Crops: 2019. [Internet]. Ithaca, NY; The International Service for the Acquisition of Agri-biotech Applications (ISAAA); 2019. [citado el 22 de marzo de 2023]. Disponible en: <https://www.isaaa.org/resources/publications/briefs/55/default.asp>
- 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.
- Agencia Agraria de Noticias (Agraria.pe). Producción mundial de soya crecerá 13% en la campaña 2022/2023. Proyecto el Grupo Consultor de Mercados Agrícolas (GCMA) [Internet]. 2022. [citado el 03 de marzo de 2023]. Disponible en: <https://agraria.pe/noticias/produccion-mundial-de-soya-crecera-13-en-la-campana-2022-202-28295>
- Clive J. 2015. Brief N° 51: 20th Anniversary (1996 to 2015) of the Global Commercialization of Biotech Crops and Biotech Crop Highlights in 2015. [Internet]. Ithaca, NY; The International Service for the Acquisition of Agri-biotech Applications (ISAAA); 2015. [citado el 23 de marzo de 2023]. Disponible en: <https://www.isaaa.org/resources/publications/briefs/51/>
- 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>
- Louanchi M, Belalia N, Lehad A, Laala S, Salhi LN. Qualitative detection of genetically modified material in crops and food products containing maize and soybean in Algeria. *Afr. J. Biotechnol.* 2017; 16(7): 322-327. DOI: 10.5897/AJB2016.15537
- Sani M, Yen FK, Sajali N. Detection of Genetically Modified Glyphosate-Resistant Soybean Sold in Sarawak. *Curr. Appl. Sci. Technol.* 2023; 23(3): 1-10. DOI: 10.55003/cast.2022.03.23.012
- World Trade Organization (WTO). European Communities - Measures Affecting the Approval and Marketing of Biotech Products (DS/291, 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
- Asociación de Biotecnología Vegetal Agrícola Agro-Bio. ¿Cómo se etiquetan los alimentos transgénicos?. [Internet]. Bogotá- Colombia; Agro-Bio; 13/10/2021. [citado el 25 de marzo de 2023]. Disponible en: <https://agrobio.org/noticias/como-se-etiquetan-los-alimentos-transgenicos>
- Vergaray G, Méndez 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>
- Čosic A, Karić A, Šabanović K, Yildirim, A, Šutković J. Determination of GMO Soy Products in Processed Food from Bosnian and Herzegovinian Market. *BES.* 2020; 1(1): 14-20. <https://doi.org/10.37868/bes.v1i1.id112>
- Mostafa AA, Abu-Hassiba AE, El Rouby MT, Abou-Hashim F, Omar HS. Food adulteration with genetically modified soybeans and maize, meat of animal species and ractopamine residues in different food products. *Electron. J. Biotechnol.* 2022; 55, 65-77. <https://doi.org/10.1016/j.ejbt.2021.11.005>
- M 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>
- 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
- Rabiei M, Mehdi-zadeh 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.
- 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
- Safaei P, Rezaie S, Alimohammadi M, Agha S, Afshari K, Mehdi-zadeh M, Aghaee EM. Qualitative PCR-based detection of genetically modified soy and maize products in Iran. *Int. J. Food Prop.* 2020; 23(1): 459-469. DOI: 10.1080/10942912.2020.1734613
- Raharjo TJ, Hasyati S, Septianingtyas DH, Haryadi W. Determination of the presence of transgenic soybean in Indonesian commercial soybean and tempeh using 35S promoter primer by real-time polymerase chain reaction. *Int. Food Res. J.* 2018; 25(5): 1930-1935. Disponible en: [http://www.ifrj.upm.edu.my/25%20\(05\)%202018/\(23\).pdf](http://www.ifrj.upm.edu.my/25%20(05)%202018/(23).pdf)
- Al-Khafaji KM, Alrashedi AAM, Al-Mosawy WF, Muhammed HA. Detection of genetically modified soybean seed, soybean meal and rice in Karbala city of Iraq. *Online J. Anim. Feed Res.* 2023; 13(1): 69-72. DOI: <https://dx.doi.org/10.51227/ojaf.2023.11>
- 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. *Agron. Costarricense*. 2017; 41(1): 53-68. DOI: <https://doi.org/10.15517/rac.v41i1.29751>
24. Truzzi F, Mandrioli D, Gnudi F, Scheepers PTJ, Silbergeld EK, Belpoggi F, Dinelli G. Comparative Evaluation of the Cytotoxicity of Glyphosate-based Herbicides and Glycine in L929 and Caco2 cells. *Front. Public Health*. 2021; 9, 643898. DOI: <https://doi.org/10.3389/fpubh.2021.643898>
 25. van Bruggen AHC, Finckh MR, He M, Ritsema CJ, Harkes P, Knuth D, Geissen V. Indirect effects of the herbicide glyphosate on plant, animal and human health through its effects on microbial communities. *Front. Environ. Sci*. 2021; 9, 763917. DOI: 10.3389/fenvs.2021.763917.
 26. Swanson NL, Leu A, Abrahamson J, Wallet B. Genetically engineered crops, glyphosate and the deterioration of health in the United States of America. *J. Org. Syst*. 2014; 9(2): 6-37. Disponible en: <https://www.organic-systems.org/journal/92/abstracts/Swanson-et-al.html>
 27. IARC Working Group on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans. (2017). *Some Organophosphate Insecticides and Herbicides*. Volumen 112. Lyon, France; International Agency for Research on Cancer; 2017. Disponible en: <https://www.iarc.who.int/featured-news/media-centre-iarc-news-glyphosate/>
 28. Bøhn T, Cuhra M, Traavik T, Sanden M, Fagan J, Primicerio R. Compositional differences in soybeans on the market: Glyphosate accumulates in roundup ready GM soybeans. *Food Chem*. 2014; 153: 207-215, DOI: 10.1016/j.foodchem.2013.12.054.
 29. American Soybean Association. *SoyStats 2020: A reference guide to important soybean facts and figures*. [Internet]. U.S.A.; American Soybean Association; 2020. Disponible en: https://soygrowers.com/wp-content/uploads/2020/05/SoyStats2020_for-WEB.pdf
 30. Grau D, Grau N, Gasquel Q, Paroissin C, Stratonovitch C, Lairon D, Devault DA, Di Cristofaro J. Quantifiable urine glyphosate levels detected in 99% of the French population, with higher values in men, in younger people, and in farmers. *Environ. Sci. Pollut. Res*. 2022; 29: 32882–32889. DOI: 10.1007/s11356-021-18110-0.
 31. Honeycutt Z, Rowlands H. *Glyphosate Testing Report: Findings in American Mothers' Breast Milk, Urine and Water*. Moms Across America and Sustainable Pulse; 2014; 1-19. Disponible en: <https://www.gentechvrij.nl/wp-content/uploads/2018/09/Gly-testing-rapport-MOMS-18.pdf>
 32. Aguilar-Cabrera CG, Hernández-Hernández MI. *Soya Transgénica: Peligros Potenciales y Realidades*. RD-ICUAP. 2020; 6(18), 109-123. Disponible en: <http://rd.buap.mx/ojs-dm/index.php/rdicuap/article/view/248>
 33. 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 un-authorized 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>
 34. 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>