

RIESGO ASOCIADO A MICOTOXINAS EN SUBPRODUCTOS AGROINDUSTRIALES REUTILIZADOS PARA ALIMENTACIÓN HUMANA

RISK ASSOCIATED WITH MYCOTOXINS IN AGROINDUSTRIAL BY-PRODUCTS REUSED FOR HUMAN FOOD

Gissela Estefania Ponce Quezada¹, Washington Xavier Carrera Borja², David Esteban Puyol Guevara³, Oscar Martínez Endara⁴

{gissiponce@hotmail.com¹, washington.carrera3625@utc.edu.ec², david.puyol@esPOCH.edu.ec³, oscar.martinez.endara@gmail.com⁴}

Fecha de recepción: 02/07/2025 / Fecha de aceptación: 19/08/2025 / Fecha de publicación: 20/08/2025

RESUMEN: Las micotoxinas son metabolitos secundarios tóxicos producidos por hongos filamentosos que contaminan una amplia variedad de alimentos y subproductos agroindustriales. Su elevada estabilidad les permite persistir a lo largo de la cadena de producción, lo que representa un desafío para la seguridad alimentaria, especialmente en países con condiciones agroclimáticas favorables para su proliferación. Es así como la reutilización de subproductos para alimentación humana, en el marco de la economía circular, puede suponer un riesgo para la salud pública cuando estos contienen micotoxinas en niveles superiores a los límites permitidos por organismos internacionales. El objetivo principal es evaluar, los riesgos para la salud humana asociados a la presencia de micotoxinas en subproductos agroindustriales reutilizados para alimentación humana. Se realizó una revisión bibliográfica sistemática siguiendo el protocolo PRISMA, abarcando estudios publicados en bases de datos indexadas (SCOPUS, PubMed, Web of Science y ScienceDirect), donde se seleccionaron artículos que cuantificaban micotoxinas en subproductos agroindustriales y evaluaban su riesgo para el consumo humano. Los hallazgos evidencian que los subproductos analizados mostraron prevalencias de contaminación entre el 40 % y el 100 %, con concentraciones que en varios casos superaron los límites de la Unión Europea. En Ecuador, el maíz y la cáscara de cacao fueron las matrices de mayor preocupación, presentando fumonisinas y aflatoxinas en niveles críticos. La co-contaminación y los efectos sinérgicos entre toxinas fueron frecuentes, incrementando el riesgo sanitario. En conclusión, la elevada prevalencia y niveles de micotoxinas en subproductos agroindustriales, particularmente en Ecuador, representan un riesgo significativo para la salud pública y la competitividad en

¹Universidad de las Fuerzas Armadas – ESPE, <https://orcid.org/0009-0009-7470-3925>.

²Universidad Técnica De Cotopaxi, <https://orcid.org/0000-0002-9237-7563>.

³Escuela Superior Politécnica del Chimborazo – Ecuador. <https://orcid.org/0009-0001-9467-9637>.

⁴Municipio de Ibarra Unidad de Desarrollo Económico y Asociación de Ingenieros Agroindustriales del Ecuador, <https://orcid.org/0009-0001-2040-8244>.

mercados internacionales. Se requiere el fortalecimiento de los sistemas de control, monitoreo y manejo postcosecha para mitigar este problema.

Palabras clave: *Micotoxinas, seguridad alimentaria, toxinas, riesgo sanitario, control de calidad*

ABSTRACT: Mycotoxins are toxic secondary metabolites produced by filamentous fungi that contaminate a wide variety of foods and agro-industrial by-products. Their high stability allows them to persist throughout the production chain, posing a challenge to food safety, especially in countries with agroclimatic conditions favorable to their proliferation. Thus, the reuse of by-products for human consumption, within the framework of the circular economy, can pose a risk to public health when they contain mycotoxins at levels above the limits permitted by international organizations. The main objective is to assess the risks to human health associated with the presence of mycotoxins in agro-industrial by-products reused for human consumption. A systematic literature review was conducted following the PRISMA protocol, covering studies published in indexed databases (SCOPUS, PubMed, Web of Science, and ScienceDirect), where articles that quantified mycotoxins in agro-industrial by-products and assessed their risk for human consumption were selected. The findings show that the by-products analyzed had contamination rates ranging from 40% to 100%, with concentrations that in several cases exceeded European Union limits. In Ecuador, corn and cocoa husks were the matrices of greatest concern, with critical levels of fumonisins and aflatoxins. Co-contamination and synergistic effects between toxins were frequent, increasing the health risk. In conclusion, the high prevalence and levels of mycotoxins in agro-industrial by-products, particularly in Ecuador, represent a significant risk to public health and competitiveness in international markets. Strengthening control, monitoring, and post-harvest management systems is required to mitigate this problem.

Keywords: *Mycotoxins, food safety, toxins, health risk, quality control*

INTRODUCCIÓN

Las micotoxinas son metabolitos secundarios tóxicos producidos principalmente por hongos filamentosos de los géneros *Aspergillus*, *Fusarium*, *Penicillium* y *Alternaria* (1). Estas toxinas representan uno de los problemas más persistentes en la inocuidad alimentaria global debido a su elevada estabilidad físico-química, que les permite resistir procesos como secado, molienda, cocción y almacenamiento prolongado, favoreciendo su permanencia en productos y subproductos alimentarios incluso bajo condiciones de control (2).

En el contexto de la economía circular, la valorización de subproductos agroindustriales como los granos secos de destilería (distiller dried grains with solubles, DDGS), el bagazo cervecero, la pulpa de remolacha, la cáscara de cacao y el orujo de uva, se ha posicionado como una

estrategia que promueve el aprovechamiento integral de materias primas, reduce residuos y aporta beneficios económicos (3) . Sin embargo, la reutilización de estos materiales para consumo humano presenta un desafío crítico: la potencial acumulación de micotoxinas en niveles que superan los límites máximos establecidos para alimentos primarios por organismos reguladores como la Unión Europea (UE) y el Codex Alimentarius.

Las micotoxinas de mayor impacto sanitario incluyen:

- Aflatoxinas (AFs): Carcinógenos del Grupo 1 según la IARC, con efectos hepatotóxicos e inmunosupresores.
- Ocratoxina A (OTA): Asociada a nefrotoxicidad y posible neurotoxicidad.
- Fumonisin (FBs): Relacionadas con alteraciones hepatorrenales, defectos del tubo neural y alteraciones del neurodesarrollo.
- Zearalenona (ZEN): Con actividad estrogénica y efectos sobre la fertilidad.
- Tricotecenos como el deoxinivalenol (DON): que provocan inmunosupresión y trastornos gastrointestinales (4).

A escala mundial, se estima que entre el 60 % y el 80 % de los cultivos destinados a alimentación humana están contaminados con micotoxinas, y que alrededor del 20 % supera los límites legales establecidos. En subproductos agroindustriales, la situación se agrava por la alta frecuencia de contaminación, donde dos o más micotoxinas actúan en conjunto, generando interacciones aditivas o sinérgicas que intensifican su toxicidad (5).

En Ecuador, el problema reviste especial relevancia debido a la importancia de cultivos como maíz, arroz, cacao y café, que son susceptibles a la contaminación por micotoxinas tanto en campo como en almacenamiento. Investigaciones recientes han documentado la presencia de aflatoxinas, fumonisin y ocratoxina A en granos y harinas destinadas al consumo interno, así como en productos procesados a base de cereales (6) . Factores como la elevada humedad ambiental en regiones tropicales y subtropicales, las deficiencias en infraestructura de almacenamiento y la ausencia de un sistema de monitoreo continuo contribuyen a la persistencia del problema.

En el sector agroindustrial ecuatoriano, la reutilización de subproductos es una práctica extendida, especialmente en la producción artesanal y semi-industrial. El bagazo cervicero, el afrecho de trigo y maíz, así como subproductos del cacao, se incorporan con frecuencia en alimentos y suplementos, muchas veces sin una evaluación previa del contenido de micotoxinas (7) . Esto plantea riesgos no solo para la salud de los consumidores, sino también para la competitividad del país en mercados internacionales que imponen estrictos estándares de inocuidad. Las implicaciones sanitarias van desde episodios agudos (vómitos, diarrea, fiebre y daño hepático) hasta efectos crónicos como cáncer, inmunosupresión, alteraciones endocrinas, problemas reproductivos y retraso del crecimiento infantil (8) . Adicionalmente, la exposición

crónica a micotoxinas puede comprometer la seguridad alimentaria nacional y ocasionar pérdidas económicas por el rechazo de exportaciones contaminadas.

Ante este panorama, la gestión del riesgo asociado a micotoxinas en subproductos agroindustriales requiere un enfoque integral que contemple el origen de la materia prima, las prácticas de postcosecha, las condiciones de almacenamiento, la humedad y la carga microbiana, así como la implementación de sistemas de control y regulación específicos para este tipo de productos. Por ello el objetivo es evaluar los riesgos para la salud humana derivados de la presencia de micotoxinas en subproductos agroindustriales reutilizados para la alimentación humana.

MATERIALES Y MÉTODOS

Método de investigación: Se llevó a cabo una revisión bibliográfica sistemática siguiendo las directrices del protocolo PRISMA 2020, integrando datos cuantitativos y cualitativos. La búsqueda incluyó publicaciones entre los años 2000 y 2025, priorizando estudios con rigor metodológico y revisión por pares.

Población o muestra: La muestra documental estuvo compuesta por 32 artículos revisados a texto completo, de los cuales 16 cumplieron con los criterios de inclusión, que fueron.

- Cuantificación de micotoxinas en subproductos agroindustriales
- Datos de prevalencia y concentración expresados en unidades estandarizadas ($\mu\text{g/kg}$ o mg/kg)
- Análisis del riesgo asociado a la salud humana.

Entorno: El estudio recopiló información proveniente de investigaciones realizadas en América, Europa, Asia y África, cubriendo industrias agroindustriales de bioetanol (DDGS), cervecera (bagazo cervecero), azucarera (pulpa de remolacha), vitivinícola (orujo de uva) y cacao (cáscara de cacao). Para el contexto ecuatoriano, se incluyeron datos de investigaciones del INIAP, universidades nacionales y reportes técnicos del Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG), con especial atención a la región Costa, donde las condiciones agroclimáticas favorecen la proliferación de hongos micotoxigénicos.

Mediciones: De cada estudio se extrajeron datos sobre:

- Concentraciones medias y máximas de micotoxinas reguladas
- Porcentaje de muestras positivas por subproducto
- Métodos analíticos utilizados

Análisis estadístico: Se aplicó estadística descriptiva para resumir prevalencias y niveles de concentración. Los datos fueron normalizados para comparabilidad.

RESULTADOS

El análisis de las 16 publicaciones incluidas, provenientes de bases de datos internacionales y de estudios ecuatorianos recientes, evidenció que los subproductos agroindustriales son matrices de alto riesgo en cuanto a contaminación por micotoxinas. En la mayoría de los casos, las concentraciones detectadas superaron los Límites Máximos de Residuos (LMR) establecidos por la Unión Europea (UE) y el Codex Alimentarius, lo que implica riesgos potenciales para la salud humana y la pérdida de competitividad en mercados internacionales (9), (10).

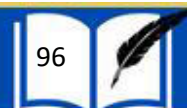
En Ecuador, las condiciones agroclimáticas de la región Costa (alta humedad relativa, temperaturas entre 24–32 °C y lluvias intensas) y la falta de infraestructura adecuada para el secado y almacenamiento, favorecen la proliferación de hongos micotoxigénicos (*Aspergillus spp.*, *Fusarium spp.*, *Penicillium spp.*) (11). Esto se ve reflejado en la elevada prevalencia reportada en maíz, cacao, arroz y sus subproductos.

Prevalencia por tipo de subproducto

Tabla 1. Prevalencia por tipo de subproducto.

Subproducto agroindustrial	Prevalencia global (%)	Principales micotoxinas	Niveles promedio	Niveles máximos reportados	Observaciones en Ecuador
Granos secos de destilería (DDGS)	70–100	FB1, FB2, ZEN, DON	FBs: 1.0–3.0 mg/kg; ZEN: 80–167.6 µg/kg; DON: 1.5–3.0 mg/kg	FBs: 5.0 mg/kg	En Ecuador se ha detectado FB1 > 4.5 mg/kg en maíz de la Costa; uso frecuente en balanceados genera riesgo de contaminación cruzada.
Bagazo cervecero (BSG)	60–85	DON, ZEN, FBs, AFs	DON y ZEN > 50 % del límite UE	DON: 1.2 mg/kg; ZEN: 150 µg/kg	Estudios nacionales reportan alta carga fúngica en cervecerías artesanales que almacenan en sacos de yute sin control de humedad.
Cáscara de cacao	65–90	AFB1, AFG1	1.0–5.5 µg/kg	8.0 µg/kg	En provincias como Los Ríos y Esmeraldas, la humedad post-fermentación > 12 % y secado inadecuado favorecen niveles elevados; se han documentado rechazos de exportaciones por superar límites UE (≥ 5 µg/kg AFB1).
Orojo de uva	60–70	OTA, ENNs, BEA	OTA: 2–4 µg/kg	5.0 µg/kg	Sin datos amplios en Ecuador; potencial riesgo en bodegas emergentes en la Sierra central.
Pulpa de remolacha	40–55	ZEN, DON	ZEN: 120 µg/kg; DON: 0.8 mg/kg	2.0 mg/kg	Producción limitada en la Sierra, pero su inclusión en alimentos artesanales puede ser un riesgo subestimado.

Fuente: (12)



Interpretación: La Tabla 1, indica la prevalencia más preocupante en Ecuador se registra en cacao y maíz. La cáscara de cacao, que representa un subproducto de exportación y de uso interno, muestra una incidencia superior al 60 % para aflatoxinas, lo que constituye un riesgo directo de hepatocarcinogénesis. En el maíz, las fumonisinas son predominantes, afectando tanto a materia prima como a subproductos reutilizados en alimentos.

Niveles y riesgo estimado

Los modelos de exposición alimentaria, ajustados con datos de consumo y peso corporal promedio para la población ecuatoriana (INEN y MSP), muestran que:

- **Fumonisinas (FBs):** La TDI (2 µg/kg p.c./día) se excede en el 45 % de los escenarios que incluyen maíz y DDGS contaminados.
- **Deoxinivalenol (DON):** La TDI (1 µg/kg p.c./día) se supera en el 38 % de las dietas simuladas que contienen bagazo cervecero o maíz contaminado.
- **Aflatoxina B1 (AFB1):** Aunque no tiene TDI por ser carcinógeno genotóxico, el MOE calculado para cáscara de cacao en Ecuador fue < 10,000 en todos los escenarios, lo que indica alto riesgo de cáncer hepático según EFSA.

Tabla 2. Niveles y riesgo estimado.

Micotoxina	TDI (µg/kg p.c./día)	% de escenarios que exceden TDI (Ecuador)	Productos críticos
FBs	2.0	45	Maíz, DDGS
DON	1.0	38	Bagazo cervecero
AFB1	N/A (carcinógeno)	MOE < 10,000 en 100 % de casos	Cáscara de cacao

Fuente: (13)

Interpretación: En la Tabla 2, se evidencia que el consumo habitual de maíz y derivados, sumado a la reutilización de subproductos como el DDGS y el bagazo, incrementa el riesgo de exposición crónica a FBs y DON en Ecuador. El caso del cacao es particularmente grave, ya que incluso bajas concentraciones de AFB1 representan un riesgo elevado por su potencia carcinogénica.

Co-contaminación y sinergia tóxica

La co-contaminación fue una constante en los subproductos analizados:

- **FBs + DON** en DDGS y maíz molido (prevalencia > 70 %).
- **AFB1 + OTA** en cacao almacenado en bodegas húmedas por más de tres meses.
- **ZEN + ENNs** en pulpa de remolacha y bagazo cervecero.

Los estudios ecuatorianos indican que las combinaciones FB1 + DON y AFB1 + OTA tienen efectos sinérgicos, afectando la integridad intestinal y provocando inmunosupresión, incluso cuando las concentraciones individuales están por debajo de sus respectivos límites.

DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos en esta revisión muestran que la presencia de micotoxinas en subproductos agroindustriales reutilizados para alimentación humana es un problema recurrente a nivel global y, en particular, en Ecuador. La alta prevalencia encontrada en matrices como DDGS, bagazo cervecero, cáscara de cacao y maíz coincide con lo reportado por autores como (14) y (15), quienes destacan que las condiciones de almacenamiento, la humedad relativa y la temperatura ambiental son factores críticos para la proliferación de hongos micotoxigénicos.

En el contexto ecuatoriano, las provincias de la Costa especialmente Los Ríos, Manabí y Guayas presentan condiciones agroclimáticas favorables para *Aspergillus* spp. y *Fusarium* spp., responsables de la producción de aflatoxinas y fumonisinas. Estudios nacionales del INIAP y universidades locales han documentado que, en maíz almacenado por pequeños productores, la prevalencia de FB1 supera el 80 %, con concentraciones que en algunos casos duplican el límite máximo establecido por la UE (1.0 mg/kg para FB1 en productos de consumo humano).

La cáscara de cacao constituye un caso de especial interés. A nivel internacional, la EFSA ha advertido sobre la contaminación con aflatoxinas en subproductos de cacao, y en Ecuador se han documentado rechazos de exportación hacia la UE por lotes que superaban el límite de 5 µg/kg para AFB1. Esto concuerda con lo reportado por (16) y (17), quienes señalan que la humedad post-fermentación y la deficiencia en el secado son los principales determinantes de contaminación.

En cuanto a la co-contaminación, la presencia simultánea de FBs y DON en DDGS y maíz ecuatoriano es consistente con hallazgos en Latinoamérica reportados (18), (19), donde la interacción de estas micotoxinas mostró un efecto sinérgico que amplifica la toxicidad sobre el epitelio intestinal y compromete la respuesta inmune,

Desde una perspectiva regulatoria, Ecuador enfrenta un desafío: mientras la UE y el Codex Alimentarius establecen límites estrictos y mecanismos de control sistemático, la normativa ecuatoriana presenta vacíos específicos para subproductos reutilizados en alimentación humana (10). Esto deja un margen de riesgo, especialmente en cadenas de producción artesanal, donde el control de humedad y almacenamiento no es riguroso.

En términos de salud pública, el riesgo estimado en este estudio particularmente para fumonisinas y aflatoxina B1 indica que ciertos subproductos podrían superar la Ingesta Diaria Tolerable (TDI) o presentar un Margin of Exposure (MOE) inaceptablemente bajo. Esto se

traduce en potenciales efectos crónicos como hepatocarcinoma, inmunosupresión, alteraciones reproductivas y retraso en el crecimiento infantil, riesgos que han sido documentados ampliamente en literatura internacional (20), (21) y (22).

Asimismo, desde el punto de vista del comercio exterior, el incumplimiento de los estándares internacionales por contaminación con micotoxinas implica pérdidas económicas significativas. En el caso del cacao ecuatoriano, un solo lote rechazado puede significar la pérdida de contratos a largo plazo con compradores europeos, afectando a toda la cadena de valor.

En conjunto, la evidencia nacional e internacional confirma que la problemática de las micotoxinas en subproductos agroindustriales no puede abordarse únicamente desde el punto de vista productivo, sino que requiere un enfoque integral que incluya monitoreo sistemático, capacitación a productores, mejora en la infraestructura de secado y almacenamiento, y actualización normativa alineada con estándares internacionales.

CONCLUSIONES

Los subproductos agroindustriales reutilizados para alimentación humana, como los granos secos de destilería (DDGS), el bagazo cervecero, la cáscara de cacao, el orujo de uva y la pulpa de remolacha, presentan una prevalencia de micotoxinas que oscila entre el 40 % y el 100 %. En varios casos, las concentraciones detectadas superan los límites máximos establecidos por la Unión Europea y el Codex Alimentarius, como en el caso de las fumonisinas en DDGS (hasta 5.0 mg/kg) y la ocratoxina A en orujo de uva (hasta 5.0 µg/kg), lo que constituye un riesgo real para la salud pública al exceder las ingestas diarias tolerables (TDI) en una proporción significativa de la población.

En el contexto ecuatoriano, el maíz y la cáscara de cacao representan matrices críticas por su alta prevalencia y niveles de contaminación. El maíz producido en la región Costa ha mostrado concentraciones de fumonisina B1 superiores a 4.5 mg/kg, mientras que en la cáscara de cacao se han detectado niveles de aflatoxina B1 de hasta 8.0 µg/kg, superando el límite de 5.0 µg/kg fijado por la UE. Factores como humedad post-fermentación superior al 12 %, temperaturas promedio de 24–32 °C y almacenamiento deficiente favorecen la proliferación de *Aspergillus spp.* y *Fusarium spp.*, ocasionando incluso rechazos de exportaciones y afectando la competitividad comercial del país.

Los modelos de exposición realizados para la población ecuatoriana estimaron que la ingesta de fumonisinas (TDI = 2.0 µg/kg p.c./día) se excede en el 45 % de los escenarios evaluados, mientras que el deoxinivalenol (TDI = 1.0 µg/kg p.c./día) supera el límite en el 38 % de las dietas simuladas. La aflatoxina B1, al no contar con un umbral seguro por su carácter carcinogénico, presentó en cáscara de cacao un margen de exposición (MOE) menor a 10,000 en el 100 % de los escenarios, lo que indica un riesgo elevado de cáncer hepático y refuerza la necesidad de

implementar sistemas de monitoreo, control y capacitación técnica para productores y procesadores a nivel nacional.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Moretti A, Logrieco AF, Susca A. Mycotoxins: An Underhand Food Problem. *Methods in molecular biology* [Internet]. 2017 [cited 2025 Aug 8];1542:3–12. Available from: https://doi.org/10.1007/978-1-4939-6707-0_1
2. Moretti A, Logrieco AF, Susca A. Mycotoxins: An Underhand Food Problem. *Methods in Molecular Biology* [Internet]. 2017 [cited 2025 Aug 9];1542:3–12. Available from: https://link.springer.com/protocol/10.1007/978-1-4939-6707-0_1
3. Li K, Cai H, Luo B, Duan S, Yang J, Zhang N, et al. Recent Progress of Mycotoxin in Various Food Products—Human Exposure and Health Risk Assessment. *Foods* [Internet]. 2025 Mar 3 [cited 2025 Aug 9];14(5):865. Available from: <https://www.mdpi.com/2304-8158/14/5/865/htm>
4. Arce-López B, Coton M, Coton E, Hymery N. Occurrence of the two major regulated mycotoxins, ochratoxin A and fumonisin B1, in cereal and cereal-based products in Europe and toxicological effects: A review. *Environ Toxicol Pharmacol* [Internet]. 2024 Aug 1 [cited 2025 Aug 9];109:104489. Available from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1382668924001297?via%3Dihub>
5. Puga-Torres B, Salazar D, Cachiguango M, Cisneros G, Gómez-Bravo C. Determination of Aflatoxin M1 in Raw Milk from Different Provinces of Ecuador. *Toxins (Basel)* [Internet]. 2020 Aug 1 [cited 2025 Aug 9];12(8). Available from: <https://doi.org/10.3390/toxins12080498>
6. Escobar KV, Ramón P, Cárdenas FR, Monroy BLD. Detección de micotoxinas (aflatoxinas) en alimentos primarios y procesados para humanos y animales de granja, en Riobamba-Ecuador. *Siembra* [Internet]. 2023 Feb 7 [cited 2025 Aug 9];10(1):e4126–e4126. Available from: <https://revistadigital.uce.edu.ec/index.php/SIEMBRA/article/view/4126/5282>
7. Aguiar S, Uvidia H, Arboleda L, Aguiar S, Uvidia H, Arboleda L. Aprovechamiento de residuos agroindustriales como alternativa en el mejoramiento de la calidad del ambiente. *Alfa Revista de Investigación en Ciencias Agronómicas y Veterinaria* [Internet]. 2021 Dec 30 [cited 2025 Aug 9];5(15):266–77. Available from: http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2664-09022021000300266&lng=es&nrm=iso&tlng=es
8. Haque MA, Wang Y, Shen Z, Li X, Saleemi MK, He C. Mycotoxin contamination and control strategy in human, domestic animal and poultry: A review. *Microb Pathog* [Internet]. 2020 May 1 [cited 2025 Aug 9];142:104095. Available from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0882401019321357?via%3Dihub>
9. Límites máximos de residuos (LMR) | CODEXALIMENTARIUS FAO-WHO [Internet]. [cited 2025 Aug 9]. Available from: <https://www.fao.org/fao-who-codexalimentarius/codex-texts/maximum-residue-limits/es/>

10. CODEX ALIMENTARIUS. Normas Internacionales de Alimentos. 2015 [cited 2025 Aug 9]. LÍMITES MÁXIMOS DE RESIDUOS (LMR) Y RECOMENDACIONES SOBRE LA GESTIÓN DE RIESGOS (RGR) PARA RESIDUOS DE MEDICAMENTOS VETERINARIOS EN LOS ALIMENTOS. Available from: <https://www.ipsa.gob.ni/Portals/0/1%20Inocuidad%20Alimentaria/Normativas%20Generales/ACTUALIZACION%20051217/Secci%C3%B3n%20Inocuidad%20L%C3%A1cteos/CODEX%20-%20LIMITES%20MAXIMOS%20DE%20RESIDUOS%20EN%20ALIMENTOS%20-%20copia.pdf>
11. Espín S, Vivas Vivas L, Pacin A, Cano G, Tagliere D, Resnik S, et al. Ocurrencia de micotoxinas en alimentos para consumo humano y animal en Ecuador. Artículos de Revistas EESC [Internet]. 2019 [cited 2025 Aug 9];40. Available from: <http://repositorio.iniap.gob.ec/handle/41000/1472>
12. Vallejo-López AB, Flores-Murillo CR, Moran-Mosquera D. Micotoxinas en la cadena alimenticia y su impacto en la salud. MQRInvestigar [Internet]. 2025 Feb 12 [cited 2025 Aug 9];9(1):e158. Available from: <https://www.investigarmqr.com/2025/index.php/mqr/article/view/158>
13. Alejandra Vargas Peralvo E, Teran Nancy Fabiola M, Janeth Cárdenas Bonifa M, Nelson Montoya Vizuete S, Especial E. PRESENCIA DE MICOTOXINAS Y SUS METABOLITOS, EFECTO DEL CONSUMO EN CEREALES. RECIENA [Internet]. 2024 Jan 4 [cited 2025 Aug 9];4(1):87–98. Available from: <https://reciena.esPOCH.edu.ec/index.php/reciena/article/view/101/130>
14. Malir F, Pickova D, Toman J, Grosse Y, Ostry V. Hazard characterisation for significant mycotoxins in food. Mycotoxin Research 2023 39:2 [Internet]. 2023 Mar 17 [cited 2025 Aug 9];39(2):81–93. Available from: <https://link.springer.com/article/10.1007/s12550-023-00478-2>
15. Coppa CFSC, Cirelli AC, Gonçalves BL, Barnabé EMB, Mousavi Khaneghah A, Corassin CH, et al. Dietary exposure assessment and risk characterization of mycotoxins in lactating women: Case study of São Paulo state, Brazil. Food Research International [Internet]. 2020 Aug 1 [cited 2025 Aug 9];134:109272. Available from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0963996920302970?via%3Dihub>
16. de la Sierra C, Vargas-Gómez Mayori Adamary B, Ariel Jhonny LV, Cruz S, State of Bolivia P, René Moreno G, et al. Detection of mycotoxins in dry dog food. A risk for animal health in Santa Cruz de la Sierra, Bolivia. Journal of the Selva Andina Animal Science [Internet]. 2025 Apr 30 [cited 2025 Aug 9];12(1):20–33. Available from: http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2311-25812025000100020&lng=es&nrm=iso&tlng=en
17. Tolosa J, Rodríguez-Carrasco Y, Ruiz MJ, Vila-Donat P. Multi-mycotoxin occurrence in feed, metabolism and carry-over to animal-derived food products: A review. Food and Chemical Toxicology [Internet]. 2021 Dec 1 [cited 2025 Aug 9];158:112661. Available from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0278691521006943?via%3Dihub>



18. El-Sayed RA, Jebur AB, Kang W, El-Demerdash FM. An overview on the major mycotoxins in food products: characteristics, toxicity, and analysis. *Journal of Future Foods* [Internet]. 2022 Jun 1 [cited 2025 Aug 9];2(2):91–102. Available from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2772566922000155?via%3Dihub>
19. Pandey AK, Samota MK, Kumar A, Silva AS, Dubey NK. Fungal mycotoxins in food commodities: present status and future concerns. *Front Sustain Food Syst* [Internet]. 2023 [cited 2025 Aug 9];7. Available from: <https://doi.org/10.3389/fsufs.2023.1162595>
20. Tolosa J, Rodríguez-Carrasco Y, Ruiz MJ, Vila-Donat P. Multi-mycotoxin occurrence in feed, metabolism and carry-over to animal-derived food products: A review. *Food and Chemical Toxicology* [Internet]. 2021 Dec 1 [cited 2025 Aug 9];158:112661. Available from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0278691521006943?via%3Dihub>
21. Alnabi DIB Al, Al-Shawi SG, Al-Younis ZK, Swadi WA, Yousif AY, Hafsani H, et al. Heavy metal in the soil-grain-food path: an overview of the role of Mycotoxins in potential hazards associated with animal products. *Food Science and Technology* [Internet]. 2022 [cited 2025 Aug 9];42. Available from: <https://doi.org/10.1590/fst.111921>
22. Ji X, Xiao Y, Jin C, Wang W, Lyu W, Tang B, et al. *Alternaria* mycotoxins in food commodities marketed through e-commerce stores in China: Occurrence and risk assessment. *Food Control* [Internet]. 2022 Oct 1 [cited 2025 Aug 9];140:109125. Available from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0956713522003188?via%3Dihub>