



PRESENCIA DE AFLATOXINAS EN ALIMENTOS: IMPLICACIONES PARA LA SALUD Y SEGURIDAD ALIMENTARIA

PRESENCE OF AFLATOXINS IN FOOD: IMPLICATIONS FOR HEALTH AND FOOD SAFETY

Daniel Alejandro Luna Velasco¹, Karen Lisseth Moyano Orozco²

{daniel.luna@unach.edu.ec, karenmoyanosmj92@gmail.com}

Fecha de recepción: 04/06/2025 / Fecha de aceptación: 06/06/2025 / Fecha de publicación: 15/06/2025

RESUMEN: La presencia de aflatoxinas en alimentos representa un grave problema de salud pública y seguridad alimentaria, especialmente en países tropicales y subtropicales, donde las condiciones climáticas favorecen la proliferación de hongos productores de estas micotoxinas. Las aflatoxinas, en particular la aflatoxina B1, han sido clasificadas como compuestos altamente tóxicos, inmunosupresores y cancerígenos; generando preocupación tanto por sus efectos en la salud humana como por sus repercusiones económicas y comerciales. Esta problemática se agrava en regiones con escasa infraestructura para el monitoreo y control de contaminantes alimentarios, lo que justifica la necesidad de revisar de forma crítica y sistemática la evidencia científica disponible. El objetivo de este estudio fue realizar una revisión sistemática de la literatura científica sobre la presencia de aflatoxinas en alimentos, sus efectos en la salud y sus implicaciones para la seguridad alimentaria, aplicando la metodología PRISMA. La investigación se desarrolló con un enfoque cualitativo-descriptivo, utilizando como fuentes de información las bases de datos PubMed, ScienceDirect, Scopus y SciELO. Los resultados indican que la aflatoxina B1 (AFB1) es la más prevalente y tóxica, asociada principalmente con el desarrollo de carcinoma hepatocelular, inmunosupresión y retraso en el crecimiento infantil. Se detectó su presencia en alimentos como maíz, maní, arroz, nueces y productos procesados. Asimismo, la aflatoxina M1 (AFM1), derivada de la excreción de AFB1 en leche de animales, representa un riesgo elevado en lactantes. Se observaron variaciones significativas en los límites regulatorios establecidos por distintas autoridades sanitarias, lo que genera dificultades en el comercio internacional y expone a las poblaciones más vulnerables a riesgos sanitarios elevados. En conclusión, la evidencia recopilada revela que las aflatoxinas siguen siendo un contaminante alimentario prioritario, que requiere estrategias integrales de prevención, control y regulación. Se destaca la necesidad de fortalecer los sistemas de vigilancia, promover buenas prácticas agrícolas y desarrollar tecnologías accesibles para la detección temprana, especialmente en contextos con recursos limitados.

Palabras clave: *Aflatoxinas, alimentos contaminados, seguridad alimentaria, salud pública*

ABSTRACT: The presence of aflatoxins in food represents a serious public health and food safety problem, especially in tropical and subtropical countries, where climatic conditions favor the proliferation of fungi that produce these mycotoxins. Aflatoxins, particularly aflatoxin B1, have been classified as highly toxic, immunosuppressive, and carcinogenic compounds, raising concerns both for their effects on human health and their economic and

¹Universidad Nacional de Chimborazo, <https://orcid.org/0000-0002-3574-526X>.

²Universidad Nacional de Chimborazo, <https://orcid.org/0009-0005-2586-466X>.

commercial repercussions. This problem is exacerbated in regions with limited infrastructure for monitoring and controlling food contaminants, justifying the need to critically and systematically review the available scientific evidence. The objective of this study was to conduct a systematic review of the scientific literature on the presence of aflatoxins in food, their effects on health, and their implications for food safety, applying the PRISMA methodology. The research was conducted using a qualitative-descriptive approach, using the PubMed, ScienceDirect, Scopus, and SciELO databases as sources of information. The results indicate that aflatoxin B1 (AFB1) is the most prevalent and toxic, primarily associated with the development of hepatocellular carcinoma, immunosuppression, and childhood growth retardation. Its presence was detected in foods such as corn, peanuts, rice, nuts, and processed foods. Likewise, aflatoxin M1 (AFM1), derived from the excretion of AFB1 in animal milk, poses a high risk to infants. Significant variations were observed in the regulatory limits established by different health authorities, generating difficulties in international trade and exposing the most vulnerable populations to high health risks. In conclusion, the evidence gathered reveals that aflatoxins remain a priority food contaminant, requiring comprehensive prevention, control, and regulation strategies. The need to strengthen surveillance systems, promote good agricultural practices, and develop accessible technologies for early detection is highlighted, especially in resource-limited settings.

Keywords: *Aflatoxins, contaminated food, food safety, public health*

INTRODUCCIÓN

La seguridad de la alimentación es uno de los principios básicos para el desarrollo humano sostenible, al que proporciona alimentos inocuos, nutritivos y suficientes, para una vida activa y saludable (1). Sin embargo, este principio está siendo desestabilizado por la existencia en el segmento agroalimentario de contaminantes químicos y biológicos, y dentro de estos últimos destacan las micotoxinas, son compuestos tóxicos generados por ciertos hongos filamentosos (2). Entre este grupo, las aflatoxinas representan un riesgo importante tanto para la salud pública como para la rama agrícola y alimentaria económica en toda la escala mundial (3).

Las aflatoxinas son compuestos secundarios metabolizados, producidos principalmente por los hongos *Aspergillus flavus* y *Aspergillus parasiticus*, dentro de una gran cantidad de productos agrícolas, semillas, maíz, maní, arroz, maní, entre otros. Estas toxinas crecen principalmente en un ambiente húmedo y cálido y, como habitual en los países de clima tropical y subtropical, incrementan su aparición en mucho de los países en las regiones en desarrollo (4). Desde el punto de vista toxicológico, las aflatoxinas, en particular, la aflatoxina B1, son ampliamente reconocidos como compuestos hepatotóxicos, inmunosupresores y cancerígenos. Por eso la Agencia Internacional de Investigación sobre el Cáncer (IARC) tiene catalogada la aflatoxina B1 como carcinógeno del Grupo 1, con evidencia suficiente de carcinogenicidad en humanos (5).

El contacto humano con aflatoxina puede ser directo consumiendo alimentos tóxicos contaminados o indirectamente a través de productos de origen animal provenientes de animales alimentados con ración contaminada. Esta situación es particularmente preocupante en poblaciones sensibles, como niños, mujeres embarazadas o individuos

inmunodeprimidos, donde se ha dicho que en sitios con exposición prolongada a aflatoxinas está relacionado con el retraso en el crecimiento de niños, afectación a los riñones y mayor probabilidad de cáncer hepático mayormente en concurrencia con las infecciones por el virus de la hepatitis B (6).

Las metodologías de investigación en el ámbito de las aflatoxinas han experimentado una transformación significativa en las últimas décadas. Tradicionalmente, los estudios se centraban exclusivamente en la cuantificación de estos compuestos tóxicos mediante técnicas analíticas convencionales, particularmente la cromatografía líquida de alta resolución (HPLC) y los ensayos por inmunoabsorción ligada a enzimas (ELISA)(7–9).

Sin embargo, el paradigma investigativo ha evolucionado hacia enfoques más comprensivos e integrales que trascienden la mera determinación analítica. Los estudios contemporáneos incorporan múltiples dimensiones del problema, abarcando factores agronómicos que influyen en la producción de aflatoxinas, aspectos socioeconómicos que determinan la vulnerabilidad de las comunidades afectadas, y el marco normativo que regula la presencia de estos contaminantes en los alimentos (10).

Generalmente, las revisiones sistémicas son potentes herramientas para sintetizar el conocimiento que existe sobre una cuestión relevante, convirtiendo los resultados de diferentes investigaciones primarias en un cuerpo de evidencia con enfoque riguroso y transparente. En este sentido, el empleo de la metodología PRISMA (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses) permite garantizar la calidad, la reproductibilidad y la exhaustividad en la recopilación, selección y análisis de los trabajos participantes en una revisión. PRISMA proporciona una guía estructurada que relata claramente y detalladamente los criterios de inclusión y exclusión, las estrategias de búsqueda bibliográfica, la evaluación de la sesión y la síntesis de los resultados.

En la literatura científica reciente vuelve a darse un incremento gradual en los trabajos sobre el estudio de la presencia de aflatoxinas en alimentos principalmente en zonas donde su control se encuentra limitado por barreras técnicas o económicas. Tales mecanismos están asociados con el consumo de alimentos contaminados por aflatoxinas, como maíz o leche cruda, en niveles alarmantes, superiores a los establecidos por organismos internacionales como el Codex Alimentarius o la Unión Europea (11, 12).

Frente a esto la presente investigación tiene como objetivo revisar sistemáticamente la literatura científica disponible sobre la presencia de aflatoxinas en alimentos y sus implicaciones en la salud y la seguridad alimentaria, seguidas por los lineamientos metodológicos diseñados por el protocolo PRISMA.

Con esta revisión sistemática se espera aportar una visión crítica, estructurada y actualizada sobre uno de los contaminantes alimentarios más peligrosos y persistentes, con implicaciones directas para las políticas públicas de salud, la regulación alimentaria y el diseño de intervenciones a nivel productivo y comunitario.

MATERIALES Y MÉTODOS

Enfoque

La presente investigación se realizó con enfoque cualitativo y descriptivo, con la aplicación de la revisión sistemática de literatura según la guía PRISMA (Preferred reporting items for systematic reviews and meta-analyses). Esta metodología permite recopilar, analizar y recibir de forma sistemática los datos científicos disponibles acerca de la presencia de aflatoxinas en alimentos y sus implicaciones en la salud pública y seguridad alimentaria. La revisión busca identificar información y estrategias actuales de control, guiadas así por estudios empíricos publicados en los cinco últimos años.

Criterios de inclusión

Para garantizar la pertinencia y calidad de los estudios seleccionados, se establecieron los siguientes criterios de inclusión:

- Publicaciones científicas originales (artículos de investigación, reportes técnicos con revisión por pares).
- Estudios publicados entre enero de 2013 y diciembre de 2023.
- Investigaciones enfocadas en la detección, cuantificación, impacto o control de aflatoxinas en alimentos destinados al consumo humano o animal.
- Estudios que reporten datos específicos sobre niveles de aflatoxinas (ya sea en $\mu\text{g}/\text{kg}$ o ng/mL), métodos de análisis empleados o efectos sobre la salud.
- Artículos escritos en idioma español o inglés.
- Estudios realizados en contextos nacionales o internacionales, sin restricción geográfica.

Criterios de exclusión

- Revisiones narrativas, editoriales, cartas al editor, ponencias, tesis no publicadas o documentos sin revisión por pares.
- Estudios que traten otras micotoxinas sin incluir datos específicos sobre aflatoxinas.
- Investigaciones centradas exclusivamente en cepas fúngicas sin vinculación con matrices alimentarias.
- Artículos con información insuficiente sobre métodos analíticos, niveles de detección o resultados de salud.
- Duplicados o versiones preliminares de artículos ya incluidos.

Fuente de datos

La búsqueda sistemática se llevó a cabo en cuatro bases de datos científicas reconocidas por su amplia cobertura en el ámbito de las ciencias agrícolas, alimentarias y de la salud, específicamente: PubMed, ScienceDirect, Scopus y SciELO. Para ello, se utilizaron estrategias de búsqueda estructuradas con combinaciones de palabras clave y operadores booleanos, tales como: "aflatoxins" AND "food contamination" OR "food safety" AND "human health", "aflatoxinas" AND "alimentos contaminados" AND "seguridad alimentaria", y "aflatoxin exposure" AND "public health" AND "detection methods", entre otros términos equivalentes en inglés y español. Además, la búsqueda se complementó mediante el uso de descriptores normalizados, como los términos MeSH (Medical Subject Headings) y DeCS (Descriptores en Ciencias de la Salud), y se aplicaron filtros por idioma (inglés y español), rango de años de publicación (2020–2025) y tipo de documento (artículos originales con revisión por pares).

Análisis de datos

Los artículos seleccionados fueron evaluados en tres etapas consecutivas: primero, se realizó la lectura de títulos y resúmenes; posteriormente, se revisó el texto completo de los estudios potencialmente relevantes; y finalmente, se procedió a la extracción de datos clave para su sistematización. De cada artículo incluido se recopiló información específica como los autores y el año de publicación, el país o región donde se realizó el estudio, el tipo de alimento analizado, el método de detección utilizado (como HPLC, ELISA, LC-MS, entre otros), la concentración de aflatoxinas reportada, la comparación con los límites regulatorios establecidos por organismos como el Codex Alimentarius, la Unión Europea o la FDA, los impactos en la salud o evaluaciones de riesgo asociadas, así como las estrategias de prevención o mitigación propuestas. Los datos fueron organizados en matrices comparativas y categorizados según el tipo de alimento (cereales, leche, frutos secos, entre otros), el tipo de aflatoxina (B1, B2, G1, G2, M1) y la región geográfica. Esta clasificación permitió identificar tendencias comunes, variaciones significativas entre contextos y vacíos de investigación en la literatura revisada.

Herramientas utilizadas

Tabla 1. Herramientas utilizadas para la revisión bibliográfica.

Herramienta	Uso
Mendeley	Referencias bibliográficas
Excel	Matriz de datos
Método PRISMA	Revisión de literatura

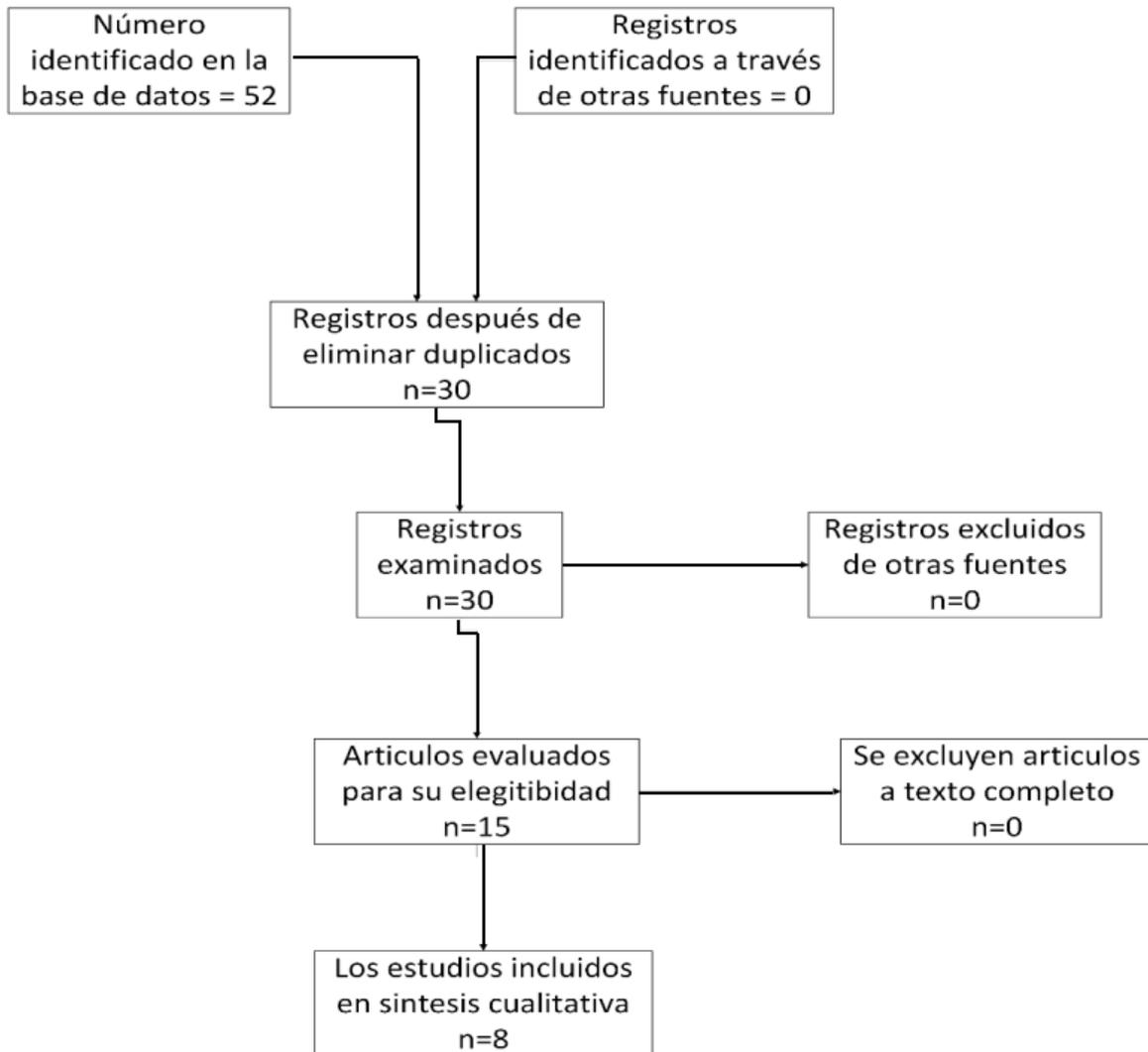


Figura 1. Método Prisma en revisión bibliográfica.

Después de aplicar el método Prisma, se identificaron inicialmente 52 artículos en las bases de datos, pero tras la eliminación de duplicados y el análisis de pertinencia, solo 15 artículos fueron seleccionados para una evaluación detallada. Finalmente, se incluyeron 8 estudios en la síntesis cualitativa. Cabe señalar que únicamente los 15 artículos seleccionados fueron considerados para el análisis de resultados del presente estudio.

RESULTADOS

A continuación, se presenta la Tabla 2, la cual resume los hallazgos más relevantes de la revisión sistemática realizada sobre la presencia de aflatoxinas en alimentos, su clasificación según el tipo, los alimentos comúnmente contaminados, las enfermedades asociadas, los límites regulatorios establecidos y sus implicaciones para la seguridad alimentaria. Esta sistematización permite visualizar de manera comparativa no solo la toxicidad diferencial de cada tipo de aflatoxina, sino también su impacto potencial en la salud pública y en la calidad e inocuidad de los productos alimenticios. La información recopilada pone en evidencia la necesidad de fortalecer los sistemas de monitoreo y control, especialmente en regiones donde las condiciones climáticas y las prácticas postcosecha favorecen la proliferación de hongos productores de estas micotoxinas.



Tabla 2. Resultados de la revisión sistemática sobre aflatoxinas: tipo, alimentos contaminados, enfermedades causadas, límites regulatorios y repercusiones en la seguridad alimentaria.

Tipo de aflatoxina	Alimento(s) frecuentemente contaminado(s)	Enfermedades que causa	Límites regulatorios (µg/kg)	Implicaciones para la seguridad alimentaria	Referencias principales
AFB1 (Aflatoxina B1)	Maíz, maní, arroz, especias, nueces, productos procesados	Hepatotoxicidad aguda, carcinoma hepatocelular, inmunosupresión, retraso del crecimiento infantil, mutagénesis	2 (UE), 20 (EE. UU.)	Alta toxicidad y estabilidad; limita exportaciones y representa un grave riesgo en climas tropicales	(13), (14), (15), (16), (17), (18), (19)
AFB2 (Aflatoxina B2)	Maíz, frutos secos, aceites vegetales	Genotoxicidad moderada, conversión metabólica a AFB1	0.1–0.5 (UE)	Refuerza toxicidad cuando coexiste con AFB1; su presencia implica contaminación múltiple	(20), (21), (22), (23), (24)
, AFG1 (Aflatoxina G1)	Maní, arroz, maíz, frutas secas	Daño hepático crónico, posible cancerogenicidad, alteraciones inmunológicas	2 (UE)	Agrava toxicidad combinada en alimentos contaminados; menor frecuencia, pero igual de peligrosa	(25), (26), (27), (28)
AFG2 (Aflatoxina G2)	Maíz, higos,	Toxicidad hepática	0.1–0.5 (UE)	Menos prevalente,	(29,30)



	almendras, café	leve; potencial mutagénico		pero relevante en evaluaciones de riesgo; su detección sugiere contaminación múltiple
AFM1 (Aflatoxina M1)	Leche y derivados (queso, yogur), carne de animales alimentados con piensos contaminados	Riesgo cancerígeno, especialmente en niños; daño hepático crónico, inmunosupresión	0.05 (UE), 0.5 (EE. UU.)	Altamente preocupante en lactantes y niños; su control es clave en la cadena láctea (31), (32), (33), (34), (35)

Por otro lado, se realizó un análisis de las interacciones químicas y biológicas, según los artículos revisados, en la que se pudo establecer cuáles son los compuestos químicos, que se relacionan con la presencia de aflatoxina B1. El tamaño de la burbuja indica la cantidad de documentos que hablan sobre este tema, mientras que las flechas muestran qué temas se referencian entre sí, como se lo evidencia en la Figura 2.

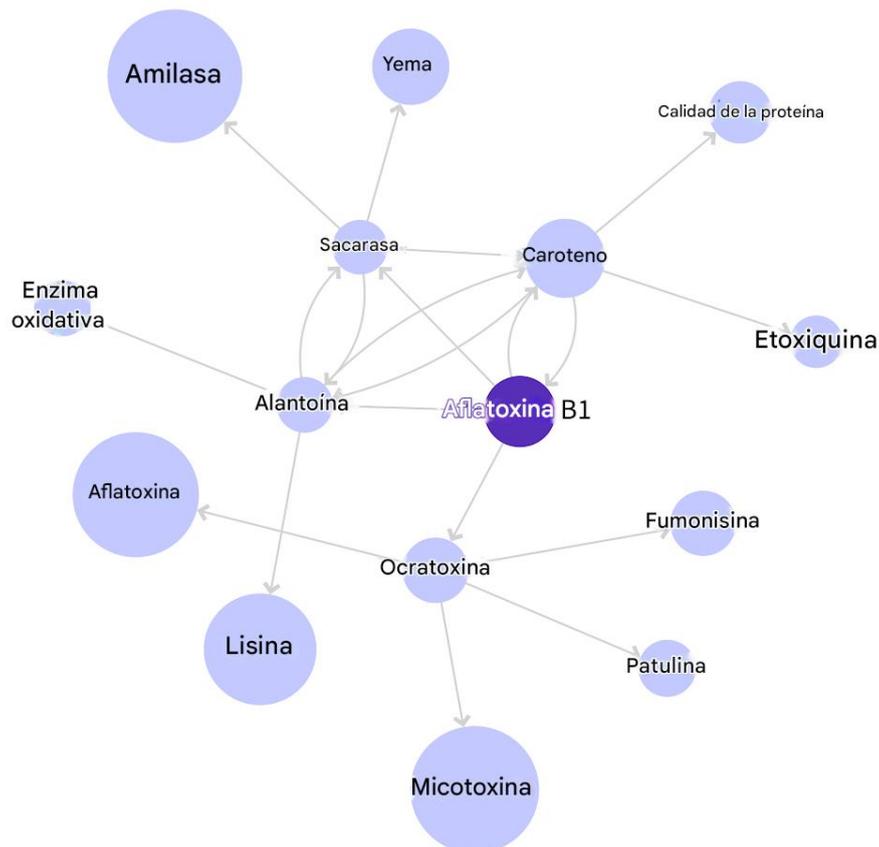


Figura 2. Interacciones y relaciones de la Aflatoxina B1 con compuestos bioquímicos y otras micotoxinas.

En la Figura 2 muestra que los estudios revisados coinciden en que la aflatoxina B1 (AFB1) es la más prevalente, tóxica y con mayor capacidad de inducir cáncer hepático, especialmente en individuos con coinfección por hepatitis B (36). La presencia de esta toxina en productos básicos como el maíz o el maní plantea un problema crítico en regiones de África, Asia y América Latina, donde su monitoreo aún es limitado. Por su parte, la aflatoxina M1 (AFM1) ha generado preocupación creciente por su presencia en leche cruda y productos derivados, especialmente en niños, debido a su transmisión directa a través de animales alimentados con piensos contaminados (32).

Los límites regulatorios varían según la legislación internacional, siendo la Unión Europea más estricta que Estados Unidos, lo cual tiene implicaciones directas en la comercialización internacional de productos alimenticios. La falta de cumplimiento con estas normativas puede derivar en el rechazo de lotes, pérdidas económicas y sanciones para los productores.

En términos de seguridad alimentaria, la presencia de aflatoxinas representa una amenaza directa a la

disponibilidad y aceptabilidad de los alimentos, ya que impide garantizar la inocuidad y calidad exigidas (37). Además, la exposición crónica a bajos niveles de aflatoxinas puede tener consecuencias acumulativas a largo plazo, especialmente en poblaciones con dietas poco diversificadas (38).

En el análisis de las interacciones y relaciones de la aflatoxina B1, se observa que esta micotoxina mantiene vínculos indirectos con compuestos como la amilasa, la yema y la sucrasa, los cuales están relacionados con la alantoína y el caroteno. Esto sugiere posibles interacciones en rutas metabólicas o en la respuesta biológica frente a la aflatoxina B1. Asimismo, la calidad proteica y la etoxiquina, también asociadas al caroteno, podrían desempeñar un papel en la protección frente a los efectos de la aflatoxina B1 o en su impacto sobre la calidad de los alimentos. Por otro lado, la enzima oxidativa, vinculada con la alantoína, podría estar implicada en la respuesta al estrés oxidativo inducido por esta toxina. La relación entre aflatoxina y lisina, mediada por la alantoína, sugiere posibles efectos sobre el metabolismo de los aminoácidos.

Además, la conexión entre micotoxinas como la patulina y la aflatoxina B1, a través de la ocratoxina, indica un escenario de contaminación múltiple. El mapa conceptual revela que la aflatoxina B1 se encuentra en el centro de una red de interacciones bioquímicas y toxicológicas, donde su coexistencia con otras micotoxinas (como ocratoxina, fumonisina y patulina) podría potenciar sus efectos negativos sobre la salud. Finalmente, las asociaciones con enzimas, aminoácidos y antioxidantes (como el caroteno) apuntan a posibles mecanismos de mitigación o daño biológico, mientras que términos como “calidad proteica” y “yema” reflejan un impacto potencial en el valor nutricional de los alimentos contaminados.

DISCUSIÓN

Los resultados de esta revisión sistemática evidencian la relevancia global del problema de la contaminación por aflatoxinas en alimentos, especialmente en regiones tropicales y subtropicales donde las condiciones de temperatura y humedad favorecen el crecimiento de hongos del género *Aspergillus*, productores de estas micotoxinas. De los diferentes tipos de aflatoxinas identificados en la literatura, la aflatoxina B1 (AFB1) destaca por ser la más prevalente, tóxica y con mayor evidencia de efectos adversos para la salud humana, principalmente por su relación directa con el desarrollo de carcinoma hepatocelular, particularmente en individuos con coinfección por el virus de la hepatitis B.

Los alimentos más frecuentemente contaminados con aflatoxinas incluyen el maíz, los frutos secos (especialmente el maní), el arroz, las especias y los productos lácteos, lo cual es consistente con otros estudios previos realizados en África, Asia y América Latina (39). Esta contaminación no solo representa un riesgo directo para la salud pública, sino que también constituye una seria amenaza para la seguridad alimentaria, ya que afecta tanto la disponibilidad como la aceptabilidad de los alimentos en el mercado nacional e internacional. En este sentido, los países con regulaciones más estrictas, como los de la Unión Europea, suelen rechazar productos alimenticios que exceden los límites máximos permitidos de aflatoxinas, generando pérdidas económicas significativas para los productores de regiones menos desarrolladas (40).

La aflatoxina M1 (AFM1), presente en leche y derivados, adquiere especial relevancia por su excreción directa a través de animales que consumen piensos contaminados con AFB1. Su detección en productos lácteos destinados al consumo infantil representa una preocupación crítica, dada la mayor susceptibilidad de los niños a los efectos tóxicos de estas sustancias. Aunque su toxicidad es menor en comparación con la AFB1, su presencia es un indicador

indirecto de la exposición crónica a aflatoxinas en la cadena alimentaria (35).

Una observación importante derivada del análisis comparativo es la co-ocurrencia frecuente de varios tipos de aflatoxinas en un mismo alimento, lo que puede aumentar el riesgo toxicológico por efectos aditivos o sinérgicos. Las aflatoxinas B₂, G₁ y G₂, aunque menos potentes individualmente, contribuyen al riesgo total cuando están presentes junto con AFB₁, lo que justifica la necesidad de establecer límites conjuntos y no solo individuales en las normativas de seguridad alimentaria (20).

Asimismo, se identificó una gran variabilidad en los límites regulatorios establecidos por diferentes organismos internacionales. Por ejemplo, mientras la Unión Europea mantiene límites muy estrictos (2 µg/kg para AFB₁ y 0.05 µg/kg para AFM₁), los Estados Unidos permiten concentraciones mayores, lo que genera desafíos en el comercio internacional. Esta disparidad también refleja diferencias en la capacidad de vigilancia y control, donde los países en desarrollo enfrentan mayores dificultades para implementar sistemas de monitoreo efectivos, debido a limitaciones tecnológicas, económicas y normativas (41, 42).

En cuanto a las implicaciones para la salud pública, los efectos de las aflatoxinas pueden dividirse en agudos y crónicos. La exposición aguda, aunque menos común, puede provocar intoxicaciones graves con desenlaces fatales, como se ha documentado en varios brotes en Kenia y la India. Sin embargo, la exposición crónica, a bajos niveles, pero sostenida en el tiempo, es la forma más insidiosa de afectación, vinculada no solo al cáncer hepático, sino también a inmunosupresión, desnutrición infantil, menor eficacia de vacunas y alteraciones del desarrollo (43, 44).

Finalmente, los estudios revisados sugieren que, además de los controles en los productos finales, es fundamental implementar estrategias preventivas en las etapas de producción, cosecha, almacenamiento y transporte de alimentos. Prácticas como el secado rápido y adecuado de granos, el uso de fungicidas naturales, el monitoreo de condiciones ambientales y la introducción de tecnologías de detección rápidas y sensibles (HPLC, ELISA, LC-MS) pueden contribuir significativamente a reducir la carga de aflatoxinas en la cadena alimentaria. Asimismo, la educación de agricultores y productores sobre buenas prácticas agrícolas y la necesidad de implementar sistemas de trazabilidad resultan claves para mitigar este riesgo (45).

En conjunto, los resultados evidencian que la contaminación por aflatoxinas es un problema multifactorial que requiere un enfoque integrado, que combine medidas regulatorias, tecnológicas, educativas y sanitarias para garantizar alimentos seguros y proteger la salud pública, especialmente en las poblaciones más vulnerables.

CONCLUSIONES

La revisión de la literatura evidencia que las aflatoxinas son contaminantes alimentarios de alta preocupación debido a su toxicidad, estabilidad y amplia distribución en productos de consumo cotidiano. Su impacto no solo se refleja en la salud humana, con enfermedades como el cáncer hepático y la inmunosupresión, sino también en la seguridad alimentaria, afectando la calidad, disponibilidad y comercialización de alimentos. Las diferencias en los límites regulatorios entre países, junto con las limitaciones tecnológicas en regiones



vulnerables, dificultan una respuesta uniforme y eficaz al problema. Frente a ello, es indispensable fortalecer los sistemas de control a lo largo de toda la cadena alimentaria, impulsar el desarrollo de tecnologías accesibles para la detección temprana y promover políticas públicas orientadas a la reducción del riesgo de exposición crónica. La lucha contra las aflatoxinas debe ser multidisciplinaria, coordinada y sostenida, priorizando tanto la salud pública como el derecho a una alimentación inocua y nutritiva.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. FAO el F la O el W o el UNICEF. PANORAMA DE LA SEGURIDAD ALIMENTARIA Y NUTRICIONAL EN AMÉRICA LATINA Y EL CARIBE. Panorama de la seguridad alimentaria y nutricional en América Latina y el Caribe 2020 [Internet]. 2023 [cited 2025 Jun 2];<https://doi.org/10.4060/cb2242es>. Available from: <http://localhost:8080/jspui/handle/123456789/178>
2. Ramírez-Juárez J, Ramírez-Juárez J. Seguridad alimentaria y la agricultura familiar en México. Rev Mex De Cienc Agric [Internet]. 2022 May 7 [cited 2025 Jun 2];13(3):553–65. Available from: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-09342022000300553&lng=es&nrm=iso&tlng=es
3. Tozcano L, Atonal R, Galicia S, Garrido V. LAS AFLATOXINAS,¿ UN LAS AFLATOXINAS,¿ UN PELIGRO SILENCIOSO? PELIGRO SILENCIOSO? researchgate.net [Internet]. [cited 2025 Jun 2]; Available from: https://www.researchgate.net/profile/Martha-Bibbins/publication/378977196_vol-20-3/links/65f4ad01286738732d4d506b/vol-20-3.pdf
4. Vila-Donat P, Sánchez D, ... LMR, 2024 undefined. DETERMINACIÓN DE AFLATOXINA B1 Y OCRATOXINA A EN EXCREMENTOS DE RATAS WISTAR EXPUESTAS A DIETAS NATURALMENTE CONTAMINADAS. search.ebscohost.com [Internet]. [cited 2025 Jun 2]; Available from: <https://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&profile=ehost&scope=site&authtype=crawler&jrnl=02127113&asa=N&AN=182334646&h=di12cq2wKzC4fkbdalGneZwFC53Asyw7Kt1qZqf1xjPexopNa0LdeXcW0IETM0Nyoi9yXp9d2fRgvrq6NqoW5Q%3D%3D&crl=c>
5. Olguin RE, Delgado ER. Control de Aspergillus spp. aflatoxigénicos con bacterias asociadas a pasas no contaminadas con aflatoxinas. 2024 [cited 2025 Jun 2]; Available from: <https://repositorio.unprg.edu.pe/handle/20.500.12893/13688>
6. Lizet I, Vera S, Arturo G, Romero Á. Aflatoxina B1: Cuando los alimentos se vuelven tóxicos. repository.uaeh.edu.mx [Internet]. 2025 [cited 2025 Jun 2];2(4):11–4. Available from: <https://repository.uaeh.edu.mx/revistas/index.php/xahni/article/view/14054>
7. Rebaza Chavez CA. Detección de aflatoxina B1 en Granos de kiwicha mediante nanosensores aptaméricos y remediación fotoquímica con rayos ultravioleta [Internet]. Universidad Nacional de Trujillo; 2021 [cited 2025 Jun 2]. Available from: <https://hdl.handle.net/20.500.14414/21057>
8. Abid SA, Ahmed Muneer A, Al-Kadmy IMS, Sattar AA, Beshbishy AM, Batiha GES, et al. Biosensors as a future diagnostic approach for COVID-19. Life Sci. 2021 May 15;273.
9. Abbas M. Chromatographic Techniques for Estimation of Aflatoxins in Food Commodities. Aflatoxins - Occurrence, Detoxification, Determination and Health Risks. 2022 Feb 9;
10. Pérez JG. Aflatoxinas, tricotecenos de tipo ay hongos productores en maíz y avena. Nuevos antifúngicos y su impacto en salud. 2021 [cited 2025 Jun 2]; Available from: <https://producciocientifica.uv.es/documentos/61e65759ab9201745649db60>
11. Quichimbo AG, López AL. Detección de Aflatoxinas totales en bocaditos de frutos secos



- comerciales. 2023 [cited 2025 Jun 2]; Available from: <https://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/58551/1/T113824%20GRANDA%20ANGIE-LOOR%20ANA%20MAR%C3%83%20A-signed.pdf>
12. Balda NT. Efecto de las Aflatoxinas en Alimentación Animal. 2024 [cited 2025 Jun 2]; Available from: <http://dspace.utb.edu.ec/handle/49000/17395>
13. Contreras Trigo BI. Desarrollo de un protocolo para la detección de aflatoxina b1 en pienso para bovino lechero basado en un apta- nanobiosensor. 2021 [cited 2025 Jun 2]; Available from: <https://repositorio.uss.cl/handle/uss/8641>
14. Lizet I, Vera S, Arturo G, Romero Á. Aflatoxina B1: Cuando los alimentos se vuelven tóxicos. XAHNI Boletín Científico de la Escuela Preparatoria No 6 [Internet]. 2025 Jan 5 [cited 2025 Jun 2];2(4):11–4. Available from: <https://repository.uaeh.edu.mx/revistas/index.php/xahni/article/view/14054>
15. Pinedo YC, ... IMMP (1692, 2023 undefined. Determinación y cuantificación de los niveles de aflatoxina en huevos de consumo. search.ebscohost.com [Internet]. [cited 2025 Jun 2]; Available from: <https://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&profile=ehost&scope=site&authtype=crawler&jrnl=16928261&AN=164812782&h=YzPtFhiR8u1P2Uq3%2FdOqwhECamWDQ%2B210V%2F6yz%2FHXmj1B5OjdmT0brRdqedaHBGSI0Pi02uSc5KXqzCSooaA%3D%3D&crl=c>
16. Miranda MM. Evaluación de riesgo de aflatoxinas en arroz. 2023 [cited 2025 Jun 2]; Available from: <https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=YfjBEAAQBAJ&oi=fnd&pg=PA9&dq=aflatoxina+b1+cancer&ots=DvPDwP7uTP&sig=sxdkscPkNorXyFzoiqxSMPvXByM>
17. AJ L, AM M, Toxicología MMR de, 2022 undefined. EVALUACIÓN DE LA EXPOSICIÓN A AFLATOXINA B1 Y DETERMINACIÓN DE LA CURVA DE EXCRECIÓN DE AFLATOXINA M1 EN LECHE EN GANADO. search.ebscohost.com [Internet]. [cited 2025 Jun 2]; Available from: <https://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&profile=ehost&scope=site&authtype=crawler&jrnl=02127113&asa=N&AN=160974140&h=8AL%2BukPKw4F1Rrw1vJns%2F9faW0Xz0pHYUHWdlp%2B3wPioyGREoRUHJSrdcoJLtbxRRZSzX8QVlek63jmLtwalQ%3D%3D&crl=c>
18. Lizet I, Vera S, Arturo G, Romero Á. Aflatoxina B1: Cuando los alimentos se vuelven tóxicos. repository.uaeh.edu.mx [Internet]. 2025 [cited 2025 Jun 2];2(4):11–4. Available from: <https://repository.uaeh.edu.mx/revistas/index.php/xahni/article/view/14054>
19. Ruíz-García E, Ruan J, Vega HA de la. Epidemiología del cáncer hepático. researchgate.net [Internet]. [cited 2025 Jun 2]; Available from: https://www.researchgate.net/profile/Alfredo-Ramirez-Gutierrez-De-Velasco/publication/362113250_Importancia_de_la_imagen_en_el_diagnostico_y_seguimiento_del_carcinoma_hepatocelular/links/62d71eb585824c670f58e310/Importancia-de-la-imagen-en-el-diagnostico-y-seguimiento-del-carcinoma-hepatocelular.pdf#page=20
20. Calderón R, Palma P, Godoy M, Vidal M, Rivera A. Co-occurrence and estimation of the risk of total aflatoxins (B1, B2, G1, and G2) and ochratoxin A in agri-food products consumed in Chile. Food Control [Internet]. 2023 Apr 1 [cited 2025 Jun 2];146:109493. Available from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0956713522006867>

21. Deshmukh MT, Wankhede PR, Chakole N, Kale PD, Jadhav MR, Kulkarni MB, et al. Towards intelligent food safety: Machine learning approaches for aflatoxin detection and risk prediction. *Trends Food Sci Technol* [Internet]. 2025 Jul 1 [cited 2025 Jun 2];161:105055. Available from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0924224425001918>
22. Romero-Sánchez I, Alonso-Núñez I, Gracia-Lor E, Madrid-Albarrán Y. Analysis and evaluation of in vitro bioaccessibility of aflatoxins B1, B2, G1 and G2 in plant-based milks. *Food Chem* [Internet]. 2024 Dec 1 [cited 2025 Jun 2];460:140538. Available from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0308814624021885>
23. Al tamim A, Alharbi R, Aldosari Z, Almasoud Y, Al Sayari AA, Almutairi MA, et al. Occurrence of total aflatoxins (B1, B2, G1, G2) in commercial peanut and peanut butter from the Saudi market in the period from 2015 to 2020. *Toxicol Rep* [Internet]. 2024 Dec 1 [cited 2025 Jun 2];13:101797. Available from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S221475002400180X>
24. Schrenk D, Bignami M, Bodin L, Chipman JK, del Mazo J, Grasl-Kraupp B, et al. Evaluación de riesgos de las aflatoxinas en los alimentos. *EFSA*. [Internet]. 2020 Mar 1 [cited 2025 Jun 2];18(3):6040. Available from: <https://efsa.onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.2903/j.efsa.2020.6040>
25. Patel A. Aflatoxin removal and biotransformation aptitude of food grade bacteria from milk and milk products- at a glance. *Toxicon* [Internet]. 2024 Oct 1 [cited 2025 Jun 2];249:108084. Available from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0041010124006561>
26. Dabare S, Rajapaksha S, Munaweera I. Empowering innovative strategies: Utilizing polymer-based nanotechnology for the prevention, control, and detection of aflatoxins, ochratoxins, and fusarium toxins in food systems. *Grain & Oil Science and Technology* [Internet]. 2025 Mar 28 [cited 2025 Jun 2]; Available from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2590259825000184>
27. Romero-Sánchez I, Ramírez-García L, Gracia-Lor E, Madrid-Albarrán Y. Simultaneous determination of aflatoxins B1, B2, G1 and G2 in commercial rices using immunoaffinity column clean-up and HPLC-MS/MS. *Food Chem* [Internet]. 2022 Nov 30 [cited 2025 Jun 2];395:133611. Available from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0308814622015734>
28. Karapinar HS, Eczacioglu N, Dogan F. Comprehensive and sensitive validation of the method and determination of measurement uncertainty for simultaneous specification of aflatoxin B1, B2, G1 and G2 in nuts. *Measurement: Food* [Internet]. 2024 Mar 1 [cited 2025 Jun 2];13:100124. Available from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2772275923000485>
29. Yagudayev E, Ray SD. Aflatoxin. *Encyclopedia of Toxicology, Fourth Edition: Volume 1-9* [Internet]. 2024 Jan 1 [cited 2025 Jun 2];1:193–200. Available from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/B9780128243152001792>
30. Miklós G, Angeli C, Ambrus Á, Nagy A, Kardos V, Zentai A, et al. Detección de aflatoxinas en diferentes matrices y posiciones de la cadena alimentaria. *Fronteras en* [Internet]. 2020



Aug 14 [cited 2025 Jun 2];11. Available from:
<https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fmicb.2020.01916/full>

31. Patel A. Aflatoxin removal and biotransformation aptitude of food grade bacteria from milk and milk products- at a glance. *Toxicon* [Internet]. 2024 Oct 1 [cited 2025 Jun 2];249:108084. Available from:
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0041010124006561>

32. Byakika S, Mukisa IM. Microbial diversity, aflatoxin M1 contamination and potential lactic acid starters for commercially produced traditional fermented dairy beverages, a case of Bongo from Uganda. *Int Dairy J* [Internet]. 2024 Dec 1 [cited 2025 Jun 2];159:106069. Available from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0958694624001894>

33. Hsu P, Pokharel A, Scott CK, Wu F. Aflatoxin M1 in milk and dairy products: The state of the evidence for child growth impairment. *Food and Chemical Toxicology* [Internet]. 2024 Nov 1 [cited 2025 Jun 2];193:115008. Available from:
<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S027869152400574X>

34. Abedini A, Sadighara P, Akbari-Adergani B, Eskandari S, Yousefi M. Determination of aflatoxin M1 levels in cheese in Iran's market. *Journal of Food Composition and Analysis* [Internet]. 2025 Apr 1 [cited 2025 Jun 2];140:107267. Available from:
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S088915752500081X>

35. Almasoud Y, Alwelaie M, Aldosari Z, Alotaibi S, Alsayari A, Alzyadi G, et al. An assessment of the prevalence of Aflatoxin M1 level in milk and milk powder based on high performance liquid chromatography and dietary risk assessment. *Toxicol Rep* [Internet]. 2024 Dec 1 [cited 2025 Jun 2];13:101787. Available from:
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2214750024001707>

36. Lu Y, He F, Zhu X, Tang J, Lu Y, Wang J, et al. On-site tracking of trace Aflatoxin B1 in food waste composting via a portable colorimetric sensing platform with nanozymes. *J Hazard Mater* [Internet]. 2025 Aug 5 [cited 2025 Jun 2];493:138333. Available from:
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0304389425012488>

37. Chilenga C, Mainje M, Watts AG, Munkhuwa V, Ndhlovue B, Machira K. Factors influencing willingness to pay for aflatoxin-safe foods among farmers, traders, and consumers in sub-Saharan Africa: A systematic review. *Applied Food Research* [Internet]. 2024 Dec 1 [cited 2025 Jun 2];4(2):100511. Available from:
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2772502224001215>

38. Zhao W, Ma X, Yan H, Zhang L, Shi W, Zhou Y. *Aspergillus flavus* and aflatoxins control in long-term storage of food ingredients of Puerh tea, peanut and polished rice. *Food Chem* [Internet]. 2024 Dec 15 [cited 2025 Jun 2];461:140805. Available from:
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0308814624024555>

39. Blasco J, Berrada H, Toxicología YRR de, 2024 undefined. PREVALENCIA Y EXPOSICIÓN DE LAS AFLATOXINAS EN CACAHUETES Y ANACARDOS. *search.ebscohost.com* [Internet]. [cited 2025 Jun 2]; Available from:
<https://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&profile=ehost&scope=site&authtype=crawler&jrnl=02127113&asa=N&AN=182334701&h=iTOF%2FSSRSwFaEPcl%2BII0Vc5441dPh>

M1VeJMUPUe1GTc%2BM5MDTNNUx0EmF95OXoZbfQkonNziWVmmomLFFCrAdA%3D%3D&cr=c

40. Cristos D. Estudio de las aflatoxinas en alimento balanceado, de sus efectos adversos en una especie de pez autóctona de importancia para la acuicultura, el pacú (*Piaractus*. 2022 [cited 2025 Jun 2]; Available from: <https://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/143867>

41. Maldonado LE, Chulze S. rápido de ensayo inmunoenzimatico (ELISA) con el método de cromatografía líquida de alta resolución (HPLC), de referencia para la detección y cuantificación. 2020 [cited 2025 Jun 2]; Available from: <https://repositorio.unne.edu.ar/handle/123456789/27603>

42. Kousar M ul, Yaseen M, Yousouf M, Malik MA, Mushtaq A, Mukhtar T, et al. Aflatoxins in cereal based products-an overview of occurrence, detection and health implication. *Toxicon* [Internet]. 2024 Nov 28 [cited 2025 Jun 2];251:108148. Available from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0041010124007207>

43. Godswill Awuchi C, Otuosorochi Amagwula I, Priya P, Kumar R, Yezdani U, Gayoor Khan M. Aflatoxinas en alimentos y piensos: una revisión sobre las implicaciones para la salud, la detección y el control. . *Pharmacol Ciencias de la Vida* [Internet]. 2020 [cited 2025 Jun 2];9:149–55. Available from: https://www.researchgate.net/profile/Chinaza-Awuchi/publication/346076078_Aflatoxins_In_Foods_And_Feeds_A_Review_On_Health_Implications_Detection_And_Control/links/5fd6fb3aa6fdccdb8c48c44/Aflatoxins-In-Foods-And-Feeds-A-Review-On-Health-Implications-Detection-And-Control.pdf

44. Miklós G, Angeli C, Ambrus Á, Nagy A, Kardos V, Zentai A, et al. Detección de aflatoxinas en diferentes matrices y posiciones de la cadena alimentaria. *Fronteras en* [Internet]. 2020 Aug 14 [cited 2025 Jun 2];11. Available from: <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fmicb.2020.01916/full>

45. Ríos AV, Franco H, Reyes S, De León J, Bonilla A. Aflatoxina b1 de *aspergillus* spp generado en arroz, su detección y cuantificación por métodos fluorométricos y hplc. *redalyc.org* [Internet]. [cited 2025 Jun 2]; Available from: <https://www.redalyc.org/journal/4263/426358213003/426358213003.pdf>