

Aflatoxina B1: Cuando los alimentos se vuelven tóxicos

Aflatoxin B1: When food becomes toxic

Ivonne Lizet Suárez Vera ^a, Giaan Arturo Álvarez Romero ^{a*}

Abstract:

Mycotoxins are toxic compounds produced by fungi that contaminate agricultural products and represent a significant risk to human and animal health. Among them, Aflatoxin B1 is the most dangerous due to its high toxicity and carcinogenic potential, particularly in the liver. Aflatoxin contamination is a global food safety problem, requiring efficient and accurate analytical methods for its detection and quantification in foods. The main techniques include Thin Layer Chromatography, High Performance Liquid Chromatography (HPLC), Enzyme-Linked Immunosorbent Assay (ELISA) and Tandem Mass Spectrometry (LC-MS/MS). These methods vary in their sensitivity, cost and complexity, with HPLC and LC-MS/MS being the most accurate, while ELISA offers speed and ease of use. The choice of method depends on the available resources and the accuracy requirements, being crucial in food quality control and public health protection.

Keywords:

Mycotoxins, Aflatoxin B1, Fungi, Methods

Resumen:

Las micotoxinas son compuestos tóxicos creados por hongos que contaminan productos agrícolas y representan un riesgo significativo para la salud humana y animal. Entre ellas, la Aflatoxina B1 es la más peligrosa debido a su alta toxicidad y potencial cancerígeno, particularmente en el hígado. La contaminación por aflatoxina es un problema de seguridad alimentaria global, lo que requiere métodos analíticos eficientes y precisos para su detección y cuantificación en alimentos. Las principales técnicas incluyen la Cromatografía en capa fina, la Cromatografía Líquida de Alta Resolución (HPLC), el Enzimoimmunoensayo (ELISA) y la Espectrometría de Masas en Tándem (LC-MS/MS). Estos métodos varían en su sensibilidad, costo y complejidad, siendo HPLC y LC-MS/MS los más precisos, mientras que ELISA ofrece rapidez y facilidad de uso. La elección del método depende de los recursos disponibles y los requerimientos de precisión, siendo crucial en el control de la calidad alimentaria y la protección de la salud pública.

Palabras Clave:

Micotoxinas, Aflatoxina B1, Alimentos, Métodos Analíticos

Introducción

¿Te imaginas que algo tan pequeño como un hongo pueda generar sustancias tan peligrosas que puedan enfermarte gravemente? A estas sustancias se les llama micotoxinas, compuestos tóxicos producidos por ciertos tipos de mohos que pueden aparecer en alimentos como los cereales, nueces y maíz.

La Micología es una rama de la biología que estudia los diversos tipos de hongos y nos dice que los hongos mas

antiguos datan de hace 460 millones de años. Hoy en día, se sabe que existen hongos unicelulares (levaduras) y pluricelulares (hongos filamentosos), los cuales se reproducen de manera asexual o sexual¹. Los hongos filamentosos carecen de clorofila lo que lleva a la incapacidad de realizar la fotosíntesis por medio de luz solar como fuente de energía; están formados por un conjunto de células ramificadas llamadas micelios. Los micelios son una serie de células alineadas, lo que hace que sean visibles en los

^{a*} Autor de correspondencia: Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo | Instituto de Ciencias Básicas e Ingeniería | Mineral de la Reforma, Hidalgo | México, <https://orcid.org/0000-0002-9525-3937>, Email: giaan@uaeh.edu.mx

^a Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo | Instituto de Ciencias Básicas e Ingeniería | Mineral de la Reforma, Hidalgo | México, <https://orcid.org/0000-0001-8803-8414>, Email: su317064@uaeh.edu.mx

Fecha de recepción: 26/10/2024, Fecha de aceptación: 16/11/2024, Fecha de publicación: 05/01/2025



alimentos, ya sea en el interior o en la superficie de estos, lo que les da un aspecto y sabor característico^{2,3}. Metabólicamente se clasifican en saprobios (se alimentan de materia orgánica en descomposición) o simbioses (se relacionan con el medio que los rodea por medio de comensalismo, parasitismo o comensalismo)¹. Los hongos al ser simbioses tienen la capacidad de contaminar o infectar tejidos vegetales vivos y así poder invadir, diseminar o deteriorar productos almacenados⁴.

Para la fase de crecimiento, los hongos utilizan metabolitos primarios como los ácidos nucleicos, proteínas, lípidos y carbohidratos⁵. Los metabolitos secundarios son sustancias que producen los hongos a raíz de su metabolismo primario y son estos los que pueden ocasionar problemas de micosis (infecciones causadas por hongos) y ser altamente tóxicos como las llamadas micotoxinas.

Las micotoxinas se forman al final de la fase estacionaria del crecimiento de los hongos y pueden producir micotoxicosis en los animales y en los humanos, por lo que representan un riesgo para la salud humana y animal con efectos de carácter agudo o crónico según el nivel de intoxicación que presenten. Te puedes imaginar que su estudio mediante herramientas científicas resulta crucial ya que, aunque son invisibles y no tienen sabor ni olor, sus efectos pueden ser devastadores⁶.

Las micotoxinas, especialmente las que se producen en hongos del género *Aspergillus*, *Penicillium* y *Fusarium* (Tabla 1) pueden aparecer en una variedad de productos agrícolas, incluyendo cereales, frutos secos, especias y frutas⁷.

Tabla 1. Tipos de micotoxinas

Tipo de hongo	Micotoxina	Alimentos
<i>Aspergillus</i>	Aflatoxinas B1 y B2	Maíz, sorgo, arroz, Trigo.
	Ocratoxina A	
<i>Penicillium</i>	Pauliana	Manzana, frutas y quesos
	Citrinina	
<i>Fusarium</i>	Tricotecenos	Maíz y sus derivados,
	Fumonisina B1 y B2	sorgo, espárrago
	Zearalenona	

Las micotoxinas tienden a desarrollarse en condiciones de temperatura que están en las zonas tropicales y subtropicales, con temperaturas de 6 a 46 °C, siendo estos

factores los que favorecen su desarrollo durante el almacenamiento y la cosecha de la materia prima².

Los tipos más comunes de Micotoxinas son:

Ocratoxina A (OTA): Generada por *Aspergillus ochraceus* y *Penicillium verrucosum*, contaminan generalmente a cereales, pan, café y alimentos de origen animal ha relacionado con daño renal y efectos inmunosupresores⁸.

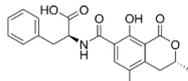


Figura 2. Ocratoxina A

Es soluble en disolvente orgánicos y poco soluble en agua. Se absorber por vía aérea, digestiva o cutánea; se va al torrente sanguíneos y daña riñones y en menores concentraciones se queda en el hígado, músculos o grasa⁹.

Fumonisinias: Incluyen varias toxinas producidas por especies del género *Fusarium*, descubiertas en 1988.

Contaminan Maíz y sorgo, hasta el momento se sabe que existen 15 tipos de esta especie, las más conocidas FB1, FB1 y FB3 (FB1 es la más tóxica)⁹. Algunos de los casos reportados por intoxicación de esta toxina se asocia al consumo regular de maíz y algunos alimentos derivados de este. Las enfermedades relacionadas en humanos son el cáncer de esófago; en animales pueden ser el edema pulmonar, hepatotoxicidad, neurotoxicidad y nefrotoxicidad⁹.

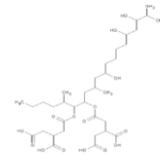


Figura 3. Fumonisin B1

Zearalenona: Esta micotoxina también proviene de *Fusarium*, se encuentran en el trigo y el maíz principalmente. Tiene relación con efectos estrogénicos en especies animales, afectando principalmente la salud reproductiva y feminización de machos⁹.

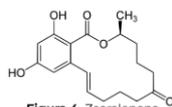


Figura 4. Zearalenona.

Aflatoxinas: Las Aflatoxinas son un grupo de metabolitos secundarios¹⁰ que usa el hongo en varias rutas metabólicas o para protegerse como agentes venenosos¹¹.

Son producidas por los hongos *Aspergillus flavus* y *parasiticus*⁵ que se les conoce como "hongo oportunista", ya

que infecta a huéspedes con defensas bajas. Las conidias (Figura 5) de estos hongos suelen ser pequeños permitiendo que sean aspiradas y causar infecciones en pulmones y senos paranasales,

se encuentra comúnmente en alimentos como el maíz, el maní, las nueces y otros productos agrícolas almacenados en condiciones de alta humedad y su capacidad de crecer a una temperatura de 37 °C lo hace una potencial amenaza para el humano¹². Una de las aflatoxinas producidas por estos hongos está clasificada como la micotoxina más peligrosa, la Aflatoxina B1¹³.

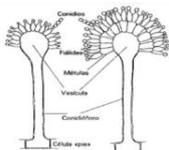


Figura 5. Características morfológicas el hongo

que infecta a huéspedes con defensas bajas. Las conidias (Figura 5) de estos hongos suelen ser pequeños permitiendo que sean aspiradas y causar infecciones en pulmones y senos paranasales, se encuentra comúnmente en alimentos como el maíz, el maní, las nueces y otros productos agrícolas almacenados en condiciones de alta humedad y su capacidad de crecer a una temperatura de 37 °C lo hace una potencial amenaza para el humano¹². Una de las aflatoxinas producidas por estos hongos está clasificada como la micotoxina más peligrosa, la Aflatoxina B1¹³.

¿Qué es la Aflatoxina B1?

La Aflatoxina B1 se puede distinguir por su color fluorescente bajo luz ultravioleta (B: "blue", azul)¹¹. Es estable en los alimentos pues resiste la degradación por cocción, lo que hace que su eliminación una vez producida resulta difícil.

La Aflatoxina B1 tiene la estructura química que se muestra en la Figura 6. Dado que el hongo *Aspergillus* puede crecer en cereales y granos, es común encontrar contaminación de Aflatoxina B1 en estos alimentos, sobre todo cuando se almacenan a temperaturas altas, con alto grado de humedad, poca luz, y considerando factores químicos presentes como minerales y/o carbohidratos encontrados en el suelo¹⁴. Incluso en pequeñas cantidades, la exposición prolongada a esta toxina puede tener efectos graves en la salud humana¹¹.

El riesgo más significativo asociado con la Aflatoxina B1 es su capacidad para causar cáncer, especialmente cáncer de hígado, y tener efectos mutagénicos en las células¹⁰. La Agencia Internacional para la Investigación sobre el Cáncer (IARC por sus siglas en inglés) clasifica a la Aflatoxina B1 como un carcinógeno humano del grupo 1, lo que significa que hay pruebas concluyentes de que puede causar cáncer en humanos⁹.

Además del cáncer, la exposición a la aflatoxina B1 puede provocar otros problemas de salud, como:

- Daño hepático: Puede causar hepatitis tóxica, cirrosis y daño hepático irreversible.
- Inmunosupresión: Puede debilitar el sistema inmunológico, haciéndolo más susceptible a infecciones.
- Efectos en el desarrollo infantil: La exposición en niños puede causar retrasos en el crecimiento y desarrollo cognitivo.

¿Cómo detectamos la Aflatoxina B1?

Los científicos han desarrollado métodos de detección y cuantificación de Aflatoxina B1 que son esenciales para evitar que comamos productos contaminados que podrían afectar nuestra salud. Varias formas de detectar la Aflatoxina B1 para asegurarse de que los alimentos que comemos sean seguros¹⁵. Aquí te presentamos algunos de los métodos más importantes:

- o Cromatografía de capa fina:

Es un método tradicional utilizado hasta el día de hoy para el análisis de aflatoxinas puesto que es de bajo costo, es utilizado en países en vías de desarrollo. En este método la muestra se aplica sobre la placa recubierta por un sólido llamado fase estacionaria, la Aflatoxina B1 interactúa con esta fase y se separa, luego utilizando una lámpara UV presentará fluorescencia dando positivo a su presencia. A pesar de sus ventajas, su sensibilidad es limitada, además de que el proceso de análisis es tardado¹⁶.

- o Cromatografía líquida de alta resolución (HPLC)

Este es un método que usa el mismo principio que la cromatografía de capa fina, pero en un sistema instrumental

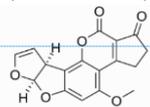


Figura 6. Aflatoxina B1

que puede controlar de mejor forma todas las variables que están relacionadas a la separación de la micotoxina. Se pueden usar muchos materiales con diferentes características en la fase estacionaria (columna cromatográfica) para mejorar la interacción con las especies químicas de interés y lograr separarlas de la mezcla original en la muestra. La gran ventaja de esta técnica es que permite no sólo identificar sino cuantificar a la aflatoxina, aunque por otro lado, el equipo necesario es especializado, se requiere cierta destreza para poder utilizarlo, y suele requerir de solventes que no son amigables con el medio ambiente².

- o Prueba de anticuerpos (ELISA)

Es un método popular por ser simple y eficaz basado en la interacción entre el antígeno y el anticuerpo específico para cada micotoxina. Se mezclan las muestras con los reactivos y en base a un cambio de color se tendría un positivo a la presencia de Aflatoxina B1, siendo la intensidad del color proporcional a la cantidad de toxina presente en la muestra. Basadas en esta estrategia también hay derivaciones como la cromatografía con columnas de inmunoafinidad.

Así que, cada vez que escuches sobre controles de calidad en los alimentos, recuerda que estas técnicas y metodologías de análisis están ahí para protegernos de peligros invisibles como la Aflatoxina B1¹¹.

Prevención y Control

La prevención de la contaminación por micotoxinas requiere un enfoque multidisciplinario:

- Buenas Prácticas Agrícolas: Implementar técnicas adecuadas de cultivo y manejo post-cosecha para reducir la humedad y el estrés en las plantas
- Monitoreo y Análisis: Realizar análisis rutinarios de productos alimenticios para detectar micotoxinas y asegurar que cumplan con los límites establecidos por las autoridades de salud¹⁶.

-Educación y Conciencia: Fomentar la educación entre agricultores y consumidores sobre los riesgos de las micotoxinas y la importancia de prácticas seguras¹¹.

Normativas y Regulaciones

A nivel mundial, se han establecido normativas para limitar los niveles de micotoxinas en los alimentos. Organismos como la Organización Mundial de la Salud (OMS) y la Administración de Alimentos y Medicamentos (FDA por sus siglas en inglés) trabajan para regular y monitorear la presencia de estas toxinas, protegiendo así la salud pública¹³.

Conclusión

Las micotoxinas son un problema importante en la seguridad alimentaria especialmente la aflatoxina B1 en las regiones donde el control de calidad de los alimentos es limitado. La concientización sobre su existencia y sus efectos es fundamental para implementar medidas eficaces que minimicen su impacto. Con un enfoque proactivo y colaborativo entre científicos, agricultores y consumidores, es posible reducir el riesgo de exposición a estas sustancias

Comentado [GA1]: Es Aflatoxina

nocivas y garantizar una alimentación más segura para todos. Protegiendo así la salud pública con mejores prácticas de almacenamiento, procesamiento y monitoreo, podemos reducir el impacto de esta toxina y asegurar que los alimentos que consumimos sean seguros para todos.

Referencias

- [1] Milo, A. (2023, February 6). Cuáles son los reinos biológicos y cómo se distinguen. National Geographic En Español. <https://www.ngenespanol.com/ciencia/cuales-son-los-reinos-biologicos-y-como-se-distinguen/>
- [2] Del Castillo, J. S. (2007). Micotoxinas en alimentos. Ediciones Díaz de Santos.
- [3] Abarca, M. L., Bragulat, M. R., Castellá, G., Accensi, F., Cabañes, F. J. (2000). Hongos productores de micotoxinas emergentes. *Revista Iberoamericana de Micología*, 17(2), S63-S68. https://www.academia.edu/download/67124926/Hongos_productores_de_micotoxinas_emerge20210505-3038-ev8041.pdf
- [4] Sanabria, N., Martínez, Y., López, A. (2017). Métodos para la determinación de aflatoxinas en alimentos. *Biblat*, 14, 51-58. <https://biblat.unam.mx/es/revista/agrollania/articulo/metodos-para-la-determinacion-de-aflatoxinas-en-alimentos>
- [5] Rodríguez, H. W. M. (2010). Micotoxinas y aflatoxina B1, un problema en salud animal. *Dialnet*, 5(2), 71-78. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=3702403>
- [6] Peraica, M., Radic, B., Lucic, A., Pavlovic, M. (2000). Efectos tóxicos de las micotoxinas en el ser humano. *Boletín de la Organización Mundial de la Salud: la revista internacional de salud pública: recopilación de artículos 2000*; 2: 80-92.
- [7] Ramos Girona, A. J., Marín Sillué, S., Molino Gahete, F., Vila Donat, P., Sanchis Almenar, V. (2020). Las micotoxinas: el enemigo silencioso. <https://repositori.udl.cat/bitstream/10459.1/69178/7/030246.pdf>
- [8] Requena, F., Saume, E., León, A. (2005). Micotoxinas: Riesgos y prevención. *Zootecnia Tropical*, 23(4), 393-410. Recuperado en 27 de julio de 2024. http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0798-72692005000400005&lng=es&tlng=es
- [9] A-COLL, H. A., CARDONA-CASTRO, N. (2015). Micotoxicosis y micotoxinas: generalidades y aspectos básicos. *CES Medicina*, 29 (1), 143-151. Recuperado el 26 de julio de 2024, de http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0120-87052015000100012&lng=en&tlng=es
- [10] Carvajal, M. (2013). Transformación de la aflatoxina B 1 de alimentos, en el cancerígeno humano, aducto AFB 1-ADN. *TIP Revista Especializada En Ciencias Químico-Biológicas*, 16(2), 109-120. <https://www.medigraphic.com/cgi-bin/new/resumen.cgi?IDARTICULO=46574>
- [11] Salazar, C. a. Z., Fallas, M. U., Soto, G. R. (2014, August 13). Aflatoxina B1 y su relación con el cáncer hepático. <https://www.medigraphic.com/cgi-bin/new/resumen.cgi?IDARTICULO=56787>
- [12] Stanchi, N. O. (2019). *Aspergillus* y aspergilosis. <https://ri.conicet.gov.ar/handle/11336/126540>
- [13] Morales-Valle, H. (2011). Mohos productores de micotoxinas. https://repositorium.sdum.uminho.pt/bitstream/1822/58765/1/document_9115_1.pdf
- [14] Parra Lizarazu, C. D., Quiroga Selaez, G., Giménez Turba, A., Flores Quisbert, E. (2018). Aflatoxina b1 de aspergillus spp generado en arroz, su detección y cuantificación por métodos fluorométricos y HPLC. *Revista Boliviana de Química*, 35(5), 134-145. Recuperado en 31 de agosto de 2024, de http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0250-54602018000500003&lng=es&tlng=es
- [15] Arroyo-Manzanares, N., Huertas-Pérez, J. F., Gámiz-Gracia, L., García-Campaña, A. M. (2014). Control de micotoxinas en alimentos. *Boletín Graseqa*, 7, 16-31.