

Recibido: 13.01.2022 • Aceptado: 07.11.2022

Palabras clave: Aflatoxinas, AFB1, inocuidad, seguridad alimentaria.

Aflatoxinas: un problema invisible de salud pública en México

LORENA DÍAZ DE LEÓN MARTÍNEZ

loredlv@gmail.com

INSTITUTO DE QUÍMICA ANALÍTICA Y BIOANALÍTICA, UNIVERSIDAD DE ULM, ALEMANIA

MARCO ANTONIO MARTÍNEZ CASTILLO

COORDINACIÓN PARA LA INNOVACIÓN Y APLICACIÓN DE LA CIENCIA Y LA TECNOLOGÍA, UASLP

ROGELIO FLORES RAMÍREZ

CENTRO DE INVESTIGACIÓN APLICADA EN AMBIENTE Y SALUD, UASLP

La inocuidad alimentaria se refiere al cuidado y atención en el consumo de un alimento para que no ocasione un daño a la salud por agentes químicos, físicos y biológicos. Asegurar la inocuidad de un alimento es importante; sin embargo, existen agentes químico-biológicos que no pueden ser detectados o percibidos de forma sencilla. Un ejemplo son las micotoxinas, compuestos producidos por ciertos hongos que contaminan cultivos antes o después de la cosecha, durante el almacenamiento e incluso en la transformación. Su función principal es eliminar las competencias bacterianas, que son las capacidades de los microorganismos para inhibir el desarrollo de otros microorganismos de su comunidad. Algunas micotoxinas suponen un grave peligro para la salud humana y animal, principalmente las aflatoxinas (AF). Su descubrimiento se produjo a raíz de un brote de enfermedad en pavos en Inglaterra en 1960. La enfermedad se denominó enfermedad "X" de los pavos debido a que no se sabía la causa, finalmente se atribuyó a una harina de cacahuete tóxica importada desde Brasil. Posteriormente, se descubrió que este hongo fue el causante de la muerte de estos animales y a esas micotoxinas se les dio el nombre de aflatoxinas (Rushing y Selim, 2019).

¿Qué son las aflatoxinas?

Son compuestos tóxicos producidos de forma natural por algunos tipos de hongos, principalmente *Aspergillus flavus* y *Aspergillus parasiticus*, contaminan diferentes tipos de alimentos, de manera importante al maíz, nueces, semillas y frutos secos; también se han encontrado en carne y productos de origen animal como leche y huevo. De acuerdo con la Agencia Internacional de Investigación para el Cáncer, dichos compuestos causan cáncer en hígado de humanos y animales. Por su parte, la FAO/OMS estima que cada año se pierde el 25 por ciento de los cultivos debido a este problema.

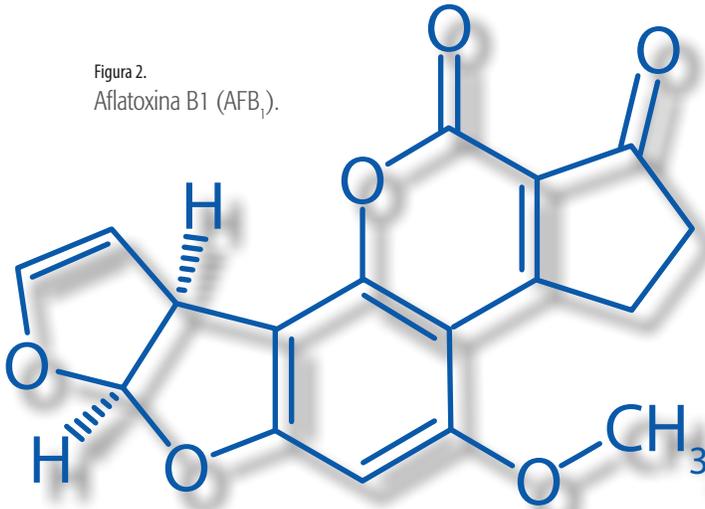
Existen varios tipos de AF, las cuatro de mayor interés son: AFG1, AFG2, AFB2 y AFB1, esta última es la más tóxica. Se caracterizan por ser inodoras (no poseen olor perceptible), insípidas, incoloras y termorresistentes, esto último indica que no pueden ser degradadas en temperaturas altas, por lo cual es difícil eliminarlas en procesos de cocción normales. Asimismo, tienen la capacidad de contaminar a otros alimentos como arroz, maíz, trigo, sorgo, cacahuete, nueces, pistaches, chile, comino, mostaza, productos de origen animal como la carne, leche y huevo (foto 1).

Entre los factores que propician el crecimiento del *Aspergillus* está la humedad y la temperatura ambiental; los alimentos pueden contaminarse antes y después de la cosecha y en el almacenaje; si no se toman las medidas adecuadas, se favorece el crecimiento y proliferación del hongo, por ende, de las AF también.



Foto 1.
Maíz contaminado de la Huasteca potosina, SLP.

Figura 2.
Aflatoxina B1 (AFB₁).



La principal manera en que las AF entran al cuerpo es por ingesta de alimentos contaminados, y puede causar daños por exposición aguda (cortos periodos de tiempo) o crónica (largos periodos de tiempo). El efecto más conocido es el cáncer hepatocelular (HCC), el riesgo de desarrollar este cáncer aumenta drásticamente si coexiste con el virus de la hepatitis B. Otros autores refieren que las AF, en especial la AFB₁, causan daños a nivel respiratorio, malformaciones genéticas, malnutrición, entre otras (Carvajal, Berumen y Guardado-Estrada, 2012; Benkerroum, 2020; Díaz de León-Martínez *et al.*, 2020; Carvajal-Moreno, García-Hernandez y González-Villaseñor, 2018) (figura 2).

Biotransformación y mecanismo de toxicidad de la AFB₁

Para que AFB₁ pueda aportar en el desarrollo de cáncer hepático alterando el ácido desoxirribonucleico (ADN), primero debe sufrir una biotransformación en el hígado a su forma activa. AFB₁ viaja por la circulación sanguínea, al llegar a las células del hígado se oxida y forma AFB₁-8,9 epóxido (AFBO) (el componente activo de AFB₁ para causar el cáncer) por la familia del Citocromo P450 (CYP450), en especial por las enzimas CYP1A2 y CYP3A4, este compuesto es el metabolito que causa la toxicidad y se une con facilidad a la guanina del ADN; así es como se forma la unión de un compuesto con el ADN o proteínas, llamada AFB₁-N⁷-Guanina, ésta se libera dejando un sitio apurínico. Asimismo, esta molécula puede formar dos isómeros estables, los aductos cis- y trans-AFB₁-formamidopirimidina (AFB₁-FAPy); estos son los responsables de causar el daño a los genes, ya que

generan que el gen p53 “el guardián del genoma humano”, comience a fallar y no pueda realizar de manera correcta sus funciones de reparación del ADN y, por lo tanto, su capacidad para suprimir la generación de tumores cancerígenos, lo que resulta en el desarrollo del cáncer hepático (Díaz de León-Martínez *et al.*, 2020; Benkerroum, 2020; Rushing y Selim, 2019).

Métodos de eliminación y control

Las AF son difíciles de eliminar por su termorresistencia, debido a esta característica los procesos convencionales de cocción de

los alimentos no son del todo efectivos, si bien podrían reducir los niveles de AF, no las eliminan por completo. Por esta razón se han planteado estrategias para la eliminación o inactivación de las AF en los alimentos. Por ejemplo, cuidar las condiciones de la proliferación de hongos (temperatura y la humedad); evitar que los alimentos contaminados entren en contacto con aquellos que no, aunque esto no es del todo posible porque en ocasiones los alimentos no se inspeccionan a detalle debido a las grandes cantidades que se manejan. Un ejemplo de inactivación es la nixtamalización, que emplea calor y un tratamiento alcalino utilizando hidróxido de calcio (cal), el cual ha demostrado reducir en aproximadamente 84 y 90 por ciento los niveles de AFB₁ (Rushing y Selim, 2019).

Situación en México

Junto con algunos países de África, México y Guatemala son los mayores consumidores de maíz en el mundo (Sandoval *et al.*, 2019). La dieta de los mexicanos consiste en la transformación del maíz en diferentes alimentos, como las tortillas, pan, tamales, entre otros, su transformación y la cantidad de alimentos derivados del maíz en México es muy extensa y varía en cada región. La Dirección de Etnología y Antropología Social del INAH (2015) reportó que el consumo en promedio por día de maíz en nuestro país fue de 342 gramos (g), solamente en el consumo de tortilla se estima que es de 155.4 g en áreas urbanas; mientras que en zonas rurales este consumo aumenta a 217.9 g. *Aspergillus* tiene la capacidad de contaminar estos alimentos debido a las condiciones climáticas tropicales y subtropicales de diversas regiones de México, particularmente en el noroeste.

Las regulaciones para las concentraciones permitidas de AF y otras micotoxinas varían por región geográfica, en América Latina se caracterizan por ser más amplias que en otras regiones. En México la NOM-247-SSA1-2008 es la que indica el límite máximo permisible de aflatoxinas en cereales, el cual es de 20 microgramos por kilogramo ($\mu\text{g}/\text{kg}$) para alimentos destinados al consumo humano; mientras que para alimentación de animales de granja es de 21-300 $\mu\text{g}/\text{kg}$. Adicionalmente, dicha norma menciona las especificaciones sanitarias de transporte y almacenamiento de los cereales e indica el límite máximo de aflatoxinas en la masa para tortillas, que es de 12 $\mu\text{g}/\text{kg}$. No obstante, en nuestro país, no hay regulaciones para otras micotoxinas; mientras que en otros sí, aunado al hecho de que nuestro país es mucho más flexible en cuanto a la concentración permitida

que otros. En Estados Unidos de América se establece que los niveles de AF totales es de 4 $\mu\text{g}/\text{kg}$, de AFB₁ es de 2 $\mu\text{g}/\text{kg}$ y de AFM₁ en leche no deben sobrepasar los 0.5 $\mu\text{g}/\text{kg}$; en la Unión Europea los límites permitidos de AFB₁ no deben sobrepasar los 20 $\mu\text{g}/\text{kg}$, aunque varían por alimento (Zuki-Orozco, Batres-Esquivel, Ortiz-Pérez, Juárez-Flores y Díaz-Barriga, 2018).

En los últimos años la importancia de la inocuidad de los alimentos ha tomado gran relevancia, puesto que gran cantidad de los problemas asociados con la alimentación pueden tener su origen en la producción primaria, es decir, durante la cosecha, como es el caso de los alimentos contaminados con AF.

Los alimentos son la fuente principal de exposición a agentes patógenos, tanto químicos como biológicos. Cuando se

encuentran contaminados en niveles inadmisibles conllevan riesgos sustanciales para la salud de los consumidores y representan grandes cargas económicas para las comunidades y naciones. En México este problema se agrava, las regulaciones existentes se encuentran lejos de garantizar que la exposición a concentraciones de AF no afecte la salud de las poblaciones en un corto, mediano y largo plazo. En nuestro país existe mucha información acerca de la contaminación de los alimentos por los hongos productores de AF, así como de la presencia de varias micotoxinas en alimentos de consumo general; sin embargo, pocos son los estudios en población en los cuales la exposición en humanos se evalúe por medio de biomarcadores, por lo que es deseable que este tipo de metodologías de biomonitorio de poblaciones, en especial poblaciones rurales, se expandan.

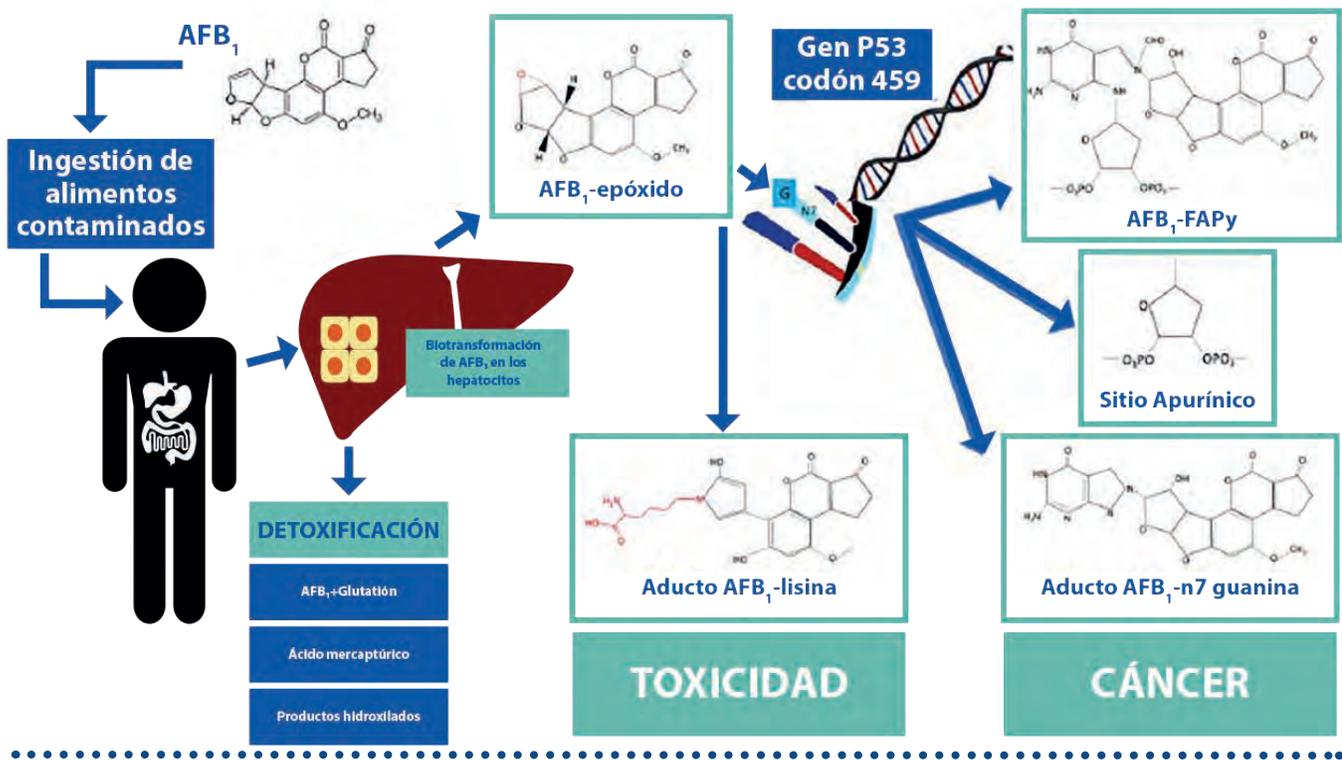


Figura 2. Mecanismo de toxicidad de AFB₁ en el hepatocito y su consecuencia en el gen p53

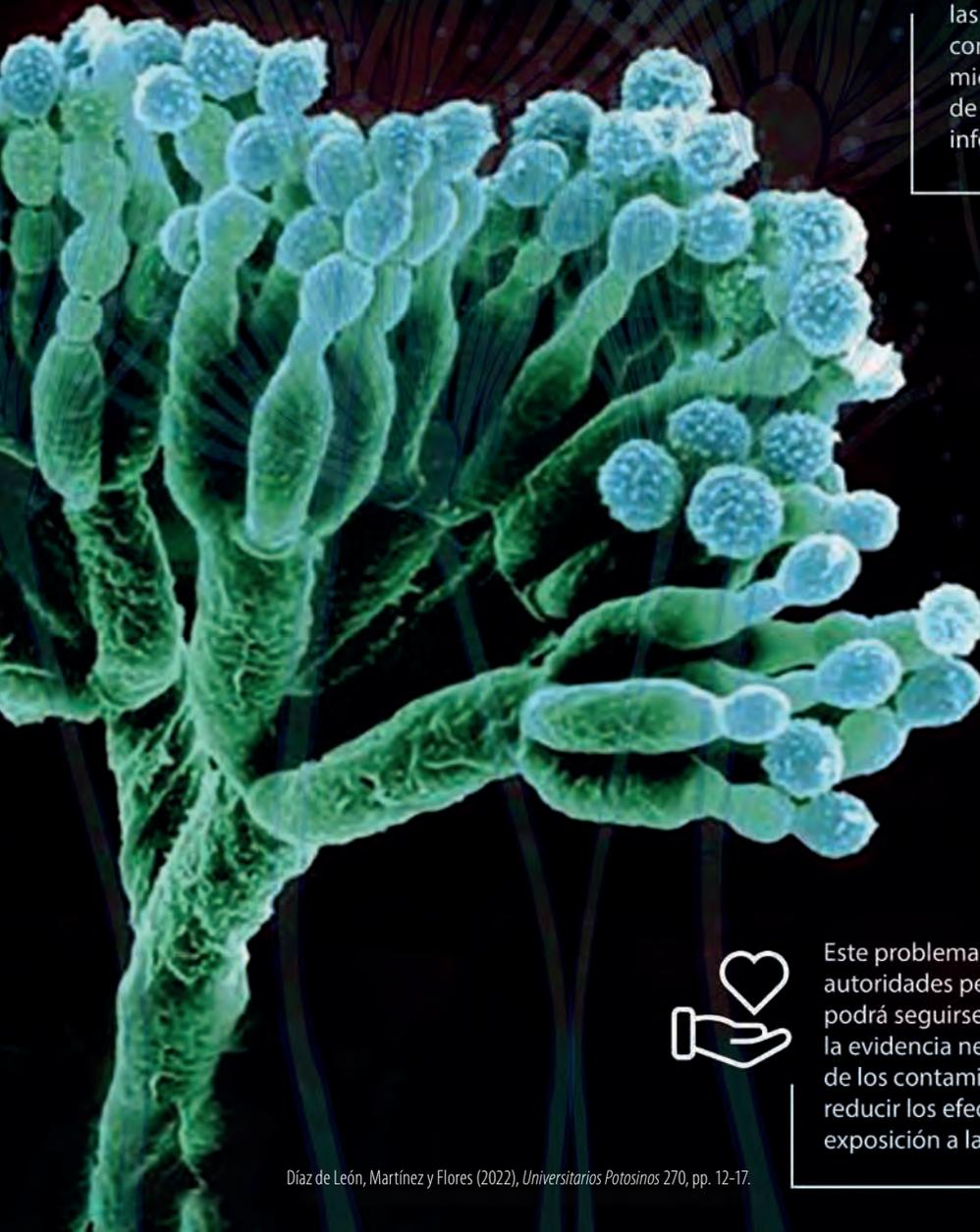
Aflatoxinas



Las aflatoxinas son compuestos tóxicos producidos de forma natural por algunos tipos de hongos patógenos, principalmente *Aspergillus flavus* y *Aspergillus parasiticus*. Los alimentos que pueden ser contaminados por las aflatoxinas, durante la cosecha o después, son el maíz, nueces, semillas, frutos rojos; incluso el huevo y la leche.



La manera en que las AF entran al cuerpo es por medio de los alimentos y pueden ocasionar cáncer, daños a nivel respiratorio, malformaciones genéticas, malnutrición, entre otras. La cocción de los alimentos reduce el riesgo de intoxicaciones y es uno de los procedimientos que existen para reducir las aflatoxinas, pero no las eliminan por completo, por ello se recurre a otros procedimientos como el cuidado en la proliferación de hongos, evitar el contacto con alimentos infectados y mediante la nixtamalización.



Otro punto importante es que en América Latina, a diferencia de otros países, la cantidad permitida de las aflatoxinas en los alimentos es más amplia; mientras que en EUA es de 4 microgramos por kilogramo ($\mu\text{g}/\text{kg}$), de AFB1 es de 2 $\mu\text{g}/\text{kg}$ y de AFM1 en leche no deben sobrepasar los 0.5 $\mu\text{g}/\text{kg}$, en México es de 20 ($\mu\text{g}/\text{kg}$) para alimentos destinados al consumo humano.



Este problema debe visibilizarse ante las autoridades pertinentes, de esta manera podrá seguirse generando el conocimiento y la evidencia necesaria para un mejor manejo de los contaminantes ambientales; así como reducir los efectos adversos en salud por la exposición a las aflatoxinas.

Díaz de León, Martínez y Flores (2022), *Universitarios Potosinos* 270, pp. 12-17.

LORENA DÍAZ DE LEÓN MARTÍNEZ

Obtuvo el Posgrado en Ciencias Biomédicas Básicas de la Facultad de Medicina de la UASLP. Es investigadora postdoctorante en el Instituto de Química Analítica y Bioanalítica de la Universidad de Ulm en Alemania, principal responsable de un proyecto sobre desarrollo de tecnologías disruptivas (nanosensores de gas, espectrometría de infrarrojo) para el tamizaje de enfermedades de interés mundial, aplicación en COVID largo.



Asimismo, los estudios sobre efectos en salud de las personas por el consumo de AF en nuestro país son limitados. Actualmente, la OMS refiere que 12.6 millones de muertes cada año en el mundo se deben a la exposición de diversos contaminantes ambientales (OMS, 2016); por esta razón toma relevancia el estudio y el control de los contaminantes ambientales biológicos como las AF. Respecto a las regulaciones en nuestro país, se necesitan nuevas evaluaciones para una modificación de las normas, donde los límites permisibles sean acordes con la gran exposición de la población mexicana.

El escenario de las aflatoxinas es difícil de controlar debido a que otros problemas suelen acaparar la atención; aun así es un problema que no debe ser ignorado por las autoridades de salud, sobre todo porque afecta la salud pública, la economía y la salud ambiental. El reto es visibilizar este problema ante las autoridades pertinentes, de esta manera podrá seguirse generando el conocimiento y la evidencia necesaria para un mejor manejo de los contaminantes ambientales y así reducir los efectos adversos en salud por la exposición a las aflatoxinas. **UP**

Referencias bibliográficas:

- Benkerroum, N. (2020). Chronic and Acute Toxicities of Aflatoxins: Mechanisms of Action. *Environmental Research and Public Health*, 17(423), pp. 2-28.
- Carvajal-Moreno, M., García-Hernández, E. A., González-Villaseñor, M. D. C., González-Mendoza, A. E. y Rojas-Marín, V. A. (2018). Aflatoxins, Carcinogens in Food, as Etiological Factors in Human Malignant Neoplasias of the Lung. *Journal of Cancer Science & Therapy*, 10, pp. 294-301. <https://doi.org/10.4172/1948-5956.1000559>
- Carvajal, M., Berumen, J. y Guardado-Estrada, M. (2012). The presence of aflatoxin B1-FAPY adduct and human papilloma virus in cervical smears from cancer patients in Mexico. *Food Additives and Contaminants*, 29(2), pp. 258-258. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.1080/19440049.2011.647098>
- Díaz de León-Martínez, L., Rodríguez-Aguilar, M., Wong-Arce, A., Díaz-Barriga, F., Bañuelos-Hernández, B. y Rosales-Mendoza, SergioFlores-Ramírez, R. (2020). Evaluation of acute and chronic exposure to aflatoxin B1 in indigenous women of the Huasteca Potosina, Mexico. *Environmental Science and Pollution Research*, 27, pp. 30583-30591. <https://doi.org/ttps://doi.org/10.1007/s11356-020-09361-4>
- Rushing, B. y Selim, M. (2019). Aflatoxin B1: A review on metabolism, toxicity, occurrence in food, occupational exposure, and detoxification methods. *Food and Chemical Toxicology*, 124, pp. 81-100.
- Zuki-Orozco, B. A., Batres-Esquivel, L. E., Ortiz-Pérez, M. D., Juárez-Flores, B. I., & Díaz-Barriga, F. (2018). Aflatoxins Contamination in Maize Products from Rural Communities in San Luis Potosí, Mexico. *Annals of Global Health*, 84(2), pp. 300-305. <https://doi.org/doi.org/10.29024/aogh.918>

