

## Ensayo expositivo

# Presencia de micotoxinas en el maíz: contaminación, riesgos y estrategias de prevención

## Presence of mycotoxins in maize: contamination, risks, and prevention strategies

Martín Lorenzo Sánchez<sup>1</sup>, Rocío Albino Garduño<sup>1\*</sup>, Alma Lili Cárdenas Marcelo<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Universidad Intercultural del Estado de México

<sup>2</sup>Secretaría de Ciencia, Humanidades, Tecnología e Innovación, Investigadora por México

\*Autor de correspondencia:

rocio.albino@uiem.edu.mx

Recibido: 07-10-2024 Aceptado: 05-01-2026 (Artículo Arbitrado)

### Resumen

El maíz es un alimento básico a nivel mundial y es susceptible de contaminación por micotoxinas o compuestos tóxicos producidos por hongos. El objetivo de este ensayo es presentar información actualizada sobre los factores que contribuyen a la contaminación del grano de maíz por micotoxinas y algunas estrategias de manejo. La literatura existente indica que las temperaturas elevadas, entre 25 y 30 °C, y una humedad relativa variable de entre el 60 y el 90 % favorecen el crecimiento de hongos productores de micotoxinas, condiciones que aumentan los riesgos para la salud humana y animal. El artículo propone estrategias preventivas, como la selección de variedades resistentes, un manejo adecuado del cultivo y el almacenamiento para reducir estos riesgos. Por último, se hace hincapié en la necesidad de colaboración entre agricultores, investigadores y gobierno para garantizar la seguridad alimentaria, se destaca la importancia de investigar y conservar las razas nativas de maíz, que podrían ofrecer soluciones frente a la amenaza de las micotoxinas.

**Palabras clave:** Enfermedades, hongos, maíz nativo, manejo poscosecha y salud.

### Abstract

Maize is a globally significant staple crop vulnerable to contamination by mycotoxins, toxic compounds produced by fungi. This review aims to present current information regarding the factors contributing to mycotoxin contamination in maize grain and to outline potential management strategies. Existing literature indicates that elevated temperatures (25-30 °C) and fluctuating relative humidity (60-90%) promote the growth of mycotoxin-producing fungi, thereby increasing health risks for both humans and animals. This article proposes preventative strategies, including the selection of resistant varieties, appropriate crop management practices, and optimized storage conditions, to mitigate these risks. Finally, this work emphasizes the need for collaboration among farmers, researchers, and government entities to ensure food safety and highlights the importance of researching and conserving native maize varieties, which may offer solutions to combat the threat of mycotoxins.

**Keywords:** Diseases, fungi, native maize, post-harvest management and health.

## Introducción

Las micotoxinas son sustancias tóxicas producidas por hongos y representan una amenaza significativa para la seguridad alimentaria global. Se estima que más del 75% de las muestras de maíz almacenado en el mundo pueden estar contaminadas con estas toxinas, las cuales son invisibles a simple vista, pero son potencialmente letales para la salud humana y animal (Raj et al., 2022). En las áreas donde el maíz es fundamental en la dieta, la contaminación por micotoxinas puede generar efectos devastadores

tanto para la salud pública como para la economía regional. Ante esta situación es fundamental conocer sobre las micotoxinas: su origen, los riesgos que suponen para la salud, algunas estrategias existentes para prevenirlas y proteger la seguridad alimentaria.

El cambio climático altera las condiciones de cultivo a nivel global, y el maíz no es una excepción. Las temperaturas más cálidas y los patrones de lluvia irregulares crean un entorno más propicio para el crecimiento de los hongos que producen micotoxinas.

Como resultado, la incidencia de estas toxinas en el maíz está aumentando (Arsenac, 2023), lo que plantea nuevos desafíos para agricultores, consumidores y gobierno. Este fenómeno no solo amenaza la producción agrícola, sino que también pone en riesgo la salud pública a través de la cadena alimentaria.

Este ensayo tiene como objetivo hacer una revisión bibliográfica actual sobre los riesgos que representan las micotoxinas en el maíz, destacando cómo estas sustancias pueden contaminarlo. A través de la recopilación de información se busca informar sobre los efectos adversos de las micotoxinas en la salud humana y animal, así como los factores que contribuyen a su contaminación. Además, se presentan algunas estrategias para prevenir esta contaminación, incluyendo la selección de variedades resistentes y prácticas agrícolas adecuadas. Finalmente, se abordará la importancia de investigar y preservar las razas nativas de maíz, y se destaca la necesidad de una amplia colaboración para enfrentar los desafíos futuros relacionados con las micotoxinas y la seguridad alimentaria.

## Desarrollo

### ¿Qué son las micotoxinas?

Las micotoxinas son sustancias tóxicas producidas por hongos que pueden crecer en el maíz y otros alimentos. Los hongos más comunes que producen micotoxinas son *Aspergillus* spp., *Penicillium* spp., *Alternaria* spp. y *Fusarium* spp. (Ruiz y Romani, 2022). Se han identificado más de 400 micotoxinas, entre las que destacan las aflatoxinas, fumonisinas, ocratoxinas, tricotecenos, zearalenona, alcaloides del cornezuelo del centeno, deoxinivalenol y patulina, cada una con distintos riesgos para la salud humana y animal (Vargas et al., 2024). Estas toxinas pueden encontrarse en los cultivos durante su crecimiento, cosecha, almacenamiento o procesamiento (Moschini et al., 2020; Mazzani, 2023).

### ¿Cómo se contamina el maíz con micotoxinas?

La contaminación del maíz con micotoxinas está influenciada por varios factores, como las condiciones climáticas, las prácticas agrícolas, la elección de variedades de maíz y el control de plagas. Cada uno de estos factores desempeñan un papel importante en el desarrollo de toxinas, por lo que comprender su interacción es esencial para desarrollar estrategias de prevención y control.

## Condiciones climáticas

Las condiciones climáticas determinan la aparición de micotoxinas, ya que influyen en el crecimiento de los hongos productores de toxinas. Por ejemplo, en climas cálidos (20-30 °C), hongos como *Aspergillus* spp. encuentran un ambiente favorable para su desarrollo, lo que incrementa el riesgo de contaminación (Obradovic et al., 2018). La alta humedad también es crítica, ya que los hongos necesitan agua para crecer. En épocas de lluvias intensas (más de 100 mm en 24 hrs.) o alta humedad relativa (60-90 %), se crea un entorno ideal para su proliferación (Acuña y Poo, 2021; Muga et al., 2019). Un riesgo adicional ocurre cuando una sequía prolongada es seguida por lluvias, lo que debilita las plantas y favorece el desarrollo rápido de hongos en el maíz (Obradovic et al., 2018). Además, el cambio climático modifica las condiciones climáticas de manera significativa, lo que crea entornos propicios para la proliferación de hongos. Como resultado, se espera que la incidencia de micotoxinas en los cultivos de maíz aumente en el futuro, representando un riesgo mayor tanto para la salud humana como para la producción agrícola (Yu et al., 2022).

## Prácticas agrícolas

Las prácticas agrícolas desempeñan un papel importante en la aparición de micotoxinas en el maíz. Por ejemplo, la labranza intensiva puede generar costras en el suelo que permiten la formación de charcos de alta humedad en el aire que favorecen el desarrollo de mohos productores de deoxinivalenol. La labranza excesiva también causa la disminución de población de *Lumbricus terrestris*, una lombriz de tierra que indirectamente minimiza la infección por hongos como *Fusarium* spp. y la producción de micotoxinas como el deoxinivalenol en los granos de maíz (Borràs-Vallverdú et al., 2022). Una alta densidad de plantación de maíz (113,600 plantas ha<sup>-1</sup>) en el campo puede generar la acumulación de micotoxinas debido a la competencia de recursos limitados como agua, nutrientes y luz. Esta competencia debilita las plantas, haciéndolas más susceptibles a enfermedades y ataques de hongos productores de micotoxinas (Eli et al., 2022). Además, el uso deficiente de fertilizantes nitrogenados (0-100 kg ha<sup>-1</sup>) se ha asociado con la contaminación por fumonisinas. En contraste, el uso excesivo de fertilización nitrogenada (>300 kg ha<sup>-1</sup>) incrementa la contaminación por deoxinivalenol.

nol y zearalenona en los granos de maíz, así como un mayor riesgo de otros metabolitos fúngicos producidos por *Fusarium* spp. (Scarpino et al., 2022). Retrasar la cosecha aumenta la probabilidad de acumulación de micotoxinas, como las fumonisinas B<sub>1</sub> y B<sub>2</sub>, pues al exponer el cultivo a condiciones ambientales que favorecen el crecimiento de hongos patógenos se provocan daños mecánicos que permiten la descomposición y deterioro del grano (Carbas et al., 2020).

Otras prácticas que favorece el desarrollo de aflatoxinas es el almacenamiento inadecuado: con alta humedad en el grano (14-20 %), alta humedad relativa (60-80 %), temperatura elevada (25-30 °C), ventilación inadecuada, daño en el grano y almacenamiento prolongado (Muga et al., 2019; Niyibituronsa et al., 2020). Estas condiciones pueden agravarse si se carece de un control efectivo de plagas, ya que el daño causado por insectos y roedores permite que las plagas dañen los cultivos, creando condiciones favorables para el crecimiento de hongos y su propagación (Mutungi et al., 2019; Njoroge et al., 2019). Finalmente, el uso inadecuado de pesticidas genera resistencia a los hongos, causa daños a las plantas, altera el equilibrio ecológico, deja residuos tóxicos en el grano, y modifica las condiciones ambientales de almacenamiento, lo que favorece el crecimiento de estos organismos fúngicos, especialmente en variedades de maíz que no han sido mejoradas para resistir plagas y hongos (Ochieno et al., 2023).

### Variedades de maíz

La elección de la variedad de maíz puede influir significativamente en la contaminación por micotoxinas. Los maíces con granos hundidos en la parte superior suelen mostrar mayores concentraciones de fumonisinas B<sub>1</sub> y B<sub>2</sub>, mientras que las variedades con granos redondeados y parcialmente redondeados tienden a acumular más deoxinivalenol y zearalenona (Tonial et al., 2023). Algunos híbridos comerciales de maíz presentan diferentes niveles de susceptibilidad a la contaminación por hongos y micotoxinas, como la aflatoxina B<sub>1</sub>, el deoxinivalenol y las fumonisinas B<sub>1</sub>, B<sub>2</sub> y B<sub>3</sub> (Krnjaja et al., 2020). Por lo tanto, la elección de la variedad es clave para minimizar la presencia de micotoxinas y asegurar la calidad del maíz (Tonial et al., 2023).

### ¿Cuáles son los riesgos de las micotoxinas en la salud humana?

Las micotoxinas presentes en el maíz y otros productos alimenticios pueden causar diversos problemas de salud, tanto agudos como crónicos. La exposición a estos compuestos varía según el tipo y la concentración en los alimentos, por lo que es importante prevenir la contaminación para proteger nuestra salud. Uno de los problemas más comunes es el daño gastrointestinal, que puede provocar dolores de estómago, diarrea y vómitos tras el consumo de alimentos contaminados (Ruiz y Romani, 2022). Además, las aflatoxinas son especialmente peligrosas para el hígado, pues causan daños graves e incluso cáncer hepático con una exposición prolongada o en grandes cantidades ( $>5 \mu\text{g kg}^{-1}$ ). Este límite puede variar según las regulaciones de diferentes países, pero generalmente, niveles superiores a  $5 \mu\text{g kg}^{-1}$  en alimentos destinados al consumo humano son motivo de preocupación (García, 2020). Por ejemplo, si un kilo de tortillas contiene  $6 \mu\text{g}$  de aflatoxinas su concentración está por encima del umbral de  $5 \mu\text{g kg}^{-1}$ . Esta cantidad ya es suficiente para ser considerada peligrosa, especialmente si el consumo es frecuente o en grandes cantidades.

La ocratoxina A, por su parte, puede afectar negativamente los riñones, aumentando el riesgo de enfermedades renales (Ruiz y Romani, 2022). Además, se ha observado que las micotoxinas pueden debilitar el sistema inmunológico al interferir con la función de células inmunitarias, alterar la producción de citoquinas, dañar órganos linfoides, inducir estrés oxidativo y afectar la síntesis de proteínas, haciendo a las personas más vulnerables a infecciones y enfermedades (Ruiz y Romani, 2022; Vargas et al., 2024).

### ¿Cuáles son los riesgos de las micotoxinas en la salud animal?

Las micotoxinas también representan una amenaza significativa para los animales que consumen maíz y otros alimentos contaminados. Uno de los efectos más notables en los animales es la reducción del apetito, especialmente por la acción del deoxinivalenol, que altera las hormonas intestinales que regulan el hambre; otro es el daño e inflamación en el tracto gastrointestinal que afecta la absorción de nutrientes y provoca anorexia acompañada por otros síntomas como vómitos, diarrea y malestar general (Malekinejad y Fink-Gremmels, 2020).

Las micotoxinas también pueden dañar órganos vitales como el hígado y los riñones que pone en riesgo la salud de los animales a largo plazo (Maz-zani, 2023; Vargas et al., 2024). Además, debilitan el sistema inmunológico y en consecuencia se afecta la función de células inmunitarias, se altera la producción de citoquinas y se dañan barreras fisiológicas, haciendo más susceptible al organismo a infecciones y enfermedades (Vargas et al., 2024). Algunas micotoxinas, como la zearalenona, también pueden interferir en alteraciones en el ciclo reproductivo, reducción de la fertilidad y desarrollo sexual anormal (Ramos y Ariño, 2021). Si bien los riesgos de las micotoxinas son evidentes, existen múltiples estrategias para reducir estos peligros. A continuación, se detallan las medidas preventivas más eficaces que se deben considerar en el manejo del maíz.

### ¿Qué estrategias se pueden emplear para la prevención de micotoxinas en maíz?

Detectar y medir micotoxinas en el maíz es crucial para prevenir problemas de salud en animales y humanos. Existen métodos especializados que son esenciales para llevar a cabo la detección de estas toxinas en los alimentos, como: 1) ELISA (acrónimo en inglés para enzimoimmunoanálisis de adsorción) que es una prueba que usa anticuerpos para identificar sustancias, y 2) cromatografía líquida-espectrometría de masas (una técnica avanzada para analizar compuestos químicos) (Chulli, 2023). Sin embargo, estos análisis deben llevarse a cabo en laboratorios especializados y no siempre están disponibles para todas las poblaciones debido a su costo elevado y la necesidad de equipos y personal altamente capacitado. Esta limitación puede dificultar el monitoreo y detección de micotoxinas en regiones rurales, de tal manera que existe la necesidad de soluciones más accesibles y prácticas locales que garanticen la salud pública y animal en áreas con condiciones de marginalidad.

Entre las alternativas para prevenir la contaminación por micotoxinas, al alcance de unidades de producción a pequeña escala, está la selección de variedades adecuadas de maíz como una de las primeras líneas de defensa. Se ha observado que las variedades resistentes a la sequía, insectos y enfermedades presentan menos probabilidades de ser contaminadas por micotoxinas (Kaur et al., 2023; Xu et al., 2022).

México, es reconocido por su rica diversidad genética, alberga más del 50 % de las razas nativas de maíz en América, con 59 variedades nativas distintas custodiadas por familias campesinas (González-Martínez et al., 2019). En México, se ha documentado que algunas razas nativas como tabloncillo, vandeño y blando de Sonora han mostrado mayor resistencia a la contaminación por aflatoxinas y a la pudrición del grano causada por *Aspergillus flavus* (Ortega-Beltrán et al., 2022). Aunque hay pocos estudios de micotoxinas en maíces nativos se estima que las razas mexicanas pueden ofrecer un potencial práctico y accesible para prevenirlas.

Otra estrategia para reducir la presencia de micotoxinas es la rotación de cultivos. Esta técnica interrumpe el ciclo de vida de los hongos productores de micotoxinas; además reduce la acumulación de patógenos específicos, lo que mejora la salud del suelo. En la rotación de cultivos, se recomienda incluir especies como frijol, chícharo y haba, que son leguminosas y no favorecen el crecimiento de hongos. Otra práctica de prevención es el control de plagas especialmente de aquellas que causan daño al grano con trampas, insecticidas orgánicos, biológicos o químicos durante el crecimiento y almacenamiento del maíz. Cosechar en el momento adecuado es fundamental para disminuir las infecciones fúngicas. Se recomienda secar el maíz durante 5 a 7 días al aire libre para lograr reducir el contenido de humedad hasta un 13 % pues los hongos prosperan en ambientes húmedos (Oni et al., 2022; Xu et al., 2022; Kaur et al., 2023).

El proceso de limpieza y clasificación de granos tras la cosecha también es importante para prevenir micotoxinas; con esta práctica se eliminan granos dañados o en mal estado que son más susceptibles a la infección (Pascale, 2022; Da Silva et al., 2023). Un almacenamiento adecuado es clave para mantener los niveles de micotoxinas bajo control. Se sugiere utilizar silos, bolsas de almacenamiento o contenedores que protejan contra la humedad para que el maíz esté completamente seco (-14 % de humedad) antes de almacenarlo, en ambientes con la humedad relativa (40 %) y temperatura (10° C) correctas (Kumari et al., 2021; Xu et al., 2022; Capilheira et al., 2024).

La nixtamalización es otra táctica de prevención que ha demostrado ser eficaz para disminuir algunas

micotoxinas como las fumonisinas y aflatoxinas en la masa de nixtamal. Este método puede reducir las micotoxinas mediante la eliminación, modificación química a formas menos tóxicas, o degradación de estos compuestos. Sin embargo, la eficacia del proceso depende de varios factores, incluyendo el tiempo de cocción, la temperatura, el pH y los ingredientes utilizados (Mendoza y Bianchini, 2021). Finalmente, el proceso de molienda del maíz destinado para la alimentación animal reduce significativamente la presencia de micotoxinas como aflatoxinas (B<sub>1</sub>, B<sub>2</sub>, G<sub>1</sub> y G<sub>2</sub>), zearalenona, ocratoxina A y deoxinivalenol (Khosrokhavar et al., 2022).

Aunque los estudios sobre micotoxinas en maíces han avanzado, la mayoría se ha centrado en la respuesta de híbridos comerciales a la contaminación y en grandes superficies agrícolas, desatendiendo las razas nativas y las prácticas de manejo campesino en comunidades indígenas. Estas razas, de suma importancia para la biodiversidad agrícola, han demostrado en algunos casos resistencia a la contaminación por micotoxinas, pero aún existe una gran diversidad no estudiada. Es necesario que investigadores, agricultores, campesinos y responsables de políticas públicas colaboren para expandir el conocimiento sobre las micotoxinas en estos cultivos, integrando prácticas tradicionales y avances científicos. Solo así se podrá asegurar la sostenibilidad y seguridad alimentaria frente a los retos actuales y futuros sin generar desigualdades sociales, incluyendo desigualdades de conocimientos.

## Conclusiones

Las micotoxinas en el maíz representan un riesgo significativo tanto para la salud humana como para la salud animal. Estos compuestos, producidos por hongos, pueden contaminar el maíz durante su crecimiento, cosecha y almacenamiento, lo que subraya la importancia de comprender los factores que contribuyen a su aparición. Las condiciones climáticas, las prácticas agrícolas, la elección de variedades de maíz y el control de plagas son aspectos clave que influyen en la contaminación por micotoxinas. Es esencial que se implementen estrategias preventivas, como el uso de variedades de maíz resistentes, prácticas agrícolas adecuadas y un almacenamiento óptimo, para minimizar estos riesgos. A medida que el cambio climático altera las condiciones de cultivo, es

probable que la incidencia de micotoxinas aumente, lo que requiere una mayor colaboración entre agricultores, investigadores y gobierno para garantizar la seguridad alimentaria. Además, es importante seguir investigando sobre las razas nativas de maíz, que han mostrado potencial en la resistencia a estas toxinas, para preservar la biodiversidad agrícola y proteger la salud pública.

## Referencias

- Acuña, Y., y Poo, J. I. (2021). ¿Qué efecto pueden producir las micotoxinas en el ganado lechero? *Estación Experimental Agropecuaria Balcarce, INTA*. <http://hdl.handle.net/20.500.12123/10816>.
- Arsenac, N. (2023). The influence of climate changes on the significance of mycotoxins. *Biljni lekar*, 51(3), 503-516. <https://doi.org/10.5937/BiljLek2303503A>.
- Borràs-Vallverdú, B., Ramos, A. J., Cantero-Martínez, C., Marín, S., Sanchis, V., y Fernández-Ortega, J. (2022). Influence of agronomic factors on mycotoxin contamination in maize and changes during a 10-day harvest-till-drying simulation period: A different perspective. *Toxins*, 14(9), 620. <https://doi.org/10.3390/toxins14090620>.
- Capilheira, A. F., Silva, J. G. D., Pinto, K. V. A., Gadotti, G. I., y Carvalho, I. R. D. (2024). Corn seeds stored under varying storage conditions. *Engenharia Agrícola*, 44, e20220136. <https://doi.org/10.1590/1809-4430-Eng.Agric.v44e20220136/2024>.
- Carbas, B., Soares, A., Freitas, A., Silva, A. S., Pinto, T., Andrade, E., y Brites, C. (2020). Mycotoxin incidence in pre-harvest maize grains. *Proceedings*, 70(1): 2-5. [https://doi.org/10.3390/foods\\_2020-07667](https://doi.org/10.3390/foods_2020-07667).
- Chulli, Y. E. S. (2023). *Contaminación de micotoxinas en alimentos balanceados*. Tesis de Licenciatura. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/19081>.
- Da Silva Timm, N., Coradi, P. C., Cañizares, L. D. C. C., Jappe, S. N., Ferreira, C. D., y Lutz, É. (2023). Effects of the storage temperature and time of corn from the center and extremities of corncob on quality parameters. *Journal of Cereal Science*, 110, 103645. <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2023.103645>.
- Eli, K., Schaafsma, A. W., y Hooker, D. C. (2022). Impact of agronomic practices on Fusarium mycotoxin accumulation in maize grain. *World Mycotoxin Journal*, 15(4): 343-360. <https://doi.org/10.3920/WMJ2021.2734>.
- García Gavilánez, M. S. (2020). *Evaluación de la incidencia de aflatoxinas en maíces de la sierra ecuatoriana*. Tesis de maestría. Universidad de las Américas, Quito. <http://dspace.udla.edu.ec/handle/33000/12788>.
- González-Martínez, J., Vanoye-Eligio, V., Chacón-Hernández, J. C., y Rocandio-Rodríguez, M. (2019). Diversidad y caracterización de maíces nativos de la Reserva de la Biósfera "El Cielo", Tamaulipas, México. *CienciaUAT*, 14(1): 6-17. <https://doi.org/10.29059/cienciauat.v14i1.1246>.
- Kaur, H., DiFonzo, C., Chilvers, M., Cassida, K., y Singh, M. P. (2023). Hybrid insect protection and fungicide application for managing ear rots and mycotoxins in silage corn. *Agronomy Journal*, 115: 1957-1971. <https://doi.org/10.1002/agj2.21342>.



- Khosrokhavar, R., Ershadi, A., Jafari-Asl, M., Gholami, R., Aliabadi, S., Yazdi, F., Taheriane, M., Shoeibi, S., y Mousavi Khaneghah, A. (2022). Mycotoxin mitigation by combined dry grinding before corn wet milling and steeping procedures. *International Journal of Environmental Analytical Chemistry*. 1(1): 1–18. <https://doi.org/10.1080/03067319.2022.2087518>.
- Krnjaja, V., Mandić, V., Bijelić, Z., Lukić, M., Petrović, T., Stanković, S., y Nikolić, M. (2020). Natural toxigenic fungal and mycotoxin occurrence in maize hybrids. *Biotechnology in Animal Husbandry*. 36(1): 75–85. <https://doi.org/10.2298/BAH2001075K>.
- Kumari, A., Joshua, R., Kumar, R., Ahlawat, P., y Sheoran, R. (2021). Preventive measures and control of mycotoxins. In: Yadav, A.N. (eds) Recent Trends in Mycological Research. Fungal Biology. Springer. *Agricultural and Medical Perspective*. 1: 395–409. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-60659-6\\_17](https://doi.org/10.1007/978-3-030-60659-6_17).
- Malekinejad, H., y Fink-Gremmels, J. (2020). Mycotoxicoses in veterinary medicine: Aspergillosis and penicilliosis. *Veterinary Research Forum: An International Quarterly Journal*, 11(2): 97–103. <https://doi.org/10.30466/vrf.2020.112820.2686>.
- Mazzani, C. B. (2023). Mohos toxigénicos y micotoxinas en maíz y otros cultivos en Venezuela. *Revista de la Facultad de Agronomía*. 1(76): 224–245. [http://saber.ucv.ve/ojs/index.php/rev\\_agro/article/view/25610](http://saber.ucv.ve/ojs/index.php/rev_agro/article/view/25610).
- Mendoza, J. R., y Bianchini, A. (2021). Efecto de la Nixtamalización en Maíz Contaminado con Micotoxinas. University of Nebraska-Lincoln Extension. *NebGuide*. [https://extensionpubs.unl.edu/publication/g2329s/na/html/view#:~:text=Adem%C3%A1s%20de%20los%20cambios%20sensoriales,f%C3%ADtico%20\(2%2C%2027\)](https://extensionpubs.unl.edu/publication/g2329s/na/html/view#:~:text=Adem%C3%A1s%20de%20los%20cambios%20sensoriales,f%C3%ADtico%20(2%2C%2027)).
- Moschini, R. C., Sancho, A. M., Pantuso, F., Ricca, A. P., y Rojas, D. (2020). Muestras de granos de maíz: análisis de micotoxinas. *Repositorio UMaza*. <http://repositorio.umaza.edu.ar/handle/00261/1591>.
- Muga, F. C., Marenja, M. O., y Workneh, T. S. (2019). Effect of temperature, relative humidity and moisture on aflatoxin contamination of stored maize kernels. *Bulgarian Journal of Agricultural Science*. 25(2): 271–277.
- Mutungi, C., Muthoni, F., Bekunda, M., Gaspar, A., Kabula, E., y Abass, A. (2019). Physical quality of maize grain harvested and stored by smallholder farmers in the Northern Highlands of Tanzania: Effects of harvesting and pre-storage handling practices in two marginally contrasting agro-locations. *Journal of Stored Products Research*. 84, 101517. <https://doi.org/10.1016/j.jspr.2019.101517>.
- Niyibituronsa, M., Mukantwali, C., Nzamwita, M., Hagenimana, G., Niyoyita, S., Niyonshima, A., Hakizimana, C., Ndilu, L., Nyirahanganyamunsi, G., Nkurunziza, E., Sendegeya, P., Niyonteze, G., Muhutu, J. C., Shingiro, J. B., Umuhire, J., Nyirahorana, C., Ingabire, A. C., Nyiranshuti, A., Sibomana, E., Uwihoreye, C., y Bucagu, C. (2020). Assessment of aflatoxin and fumonisin contamination levels in maize and mycotoxins awareness and risk factors in Rwanda. *African Journal of Food, Agriculture, Nutrition and Development*. 20(5): 16420–16446. <https://www.ajol.info/index.php/ajfand/article/view/206469>.
- Njoroge, A. W., Baoua, I., y Baributsa, D. (2019). Postharvest management practices of grains in the Eastern region of Kenya. *Journal of Agricultural Science*. 11(3):179–191. <https://doi.org/10.5539/jas.v11n3p33>.
- Obradovic, A., Krnjaja, V., Nikolic, M., Delibasic, G., Filipovic, M., Stankovic, G., y Stojanovic, S. (2018). Impacts of climate conditions on aflatoxin B1 and fumonisins contamination of maize kernels and their co-occurrence. *Biotechnology in Animal Husbandry*. 34(4): 469–480. <https://doi.org/10.2298/BAH1804469O>.
- Ochieno, D. M., Nekesa, G., Naluyange, V., Otondi, E., Obonyo, M., Atwebembeire, J., y Rugunda, G. K. (2023). Insecticides influence colonization and toxin accumulation by *Aspergillus* and *Fusarium* in orange and white maize flour varying in susceptibility to mycotoxigenic fungal pathogens. <https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-2543106/v1>.
- Oni, E. O., Komolafe, C. A., Badmos, A. O., Kareem, S. O., Waheed, M. A., y Oluwafemi, F. (2022). Reduction of aflatoxin in freshly harvested maize using solar dryers. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 102(11): 4791–4801. <https://doi.org/10.1002/jsfa.11842>.
- Ortega-Beltran, A., Jaime, R., y Cotty, P. J. (2022). Resistance of maize landraces from Mexico to aflatoxin contamination: Influence of aflatoxin-producing fungi genotype and length of incubation. *European Journal of Plant Pathology*. 162:237–246. <https://doi.org/10.1007/s10658-021-02385-7>.
- Pascale, M., Logrieco, A. F., Lippolis, V., De Girolamo, A., Cervellieri, S., Lattanzio, V. M. T., Ciasca, B., Vega, A., Reichel, M., Graeber, M., Slettengren, K. (2022). Industrial-scale cleaning solutions for the reduction of *Fusarium* toxins in maize. *Toxins*. 14(11): 728. <https://doi.org/10.3390/toxins14110728>.
- Raj, J., Farkaš, H., Jakovčević, Z., Medina, A., Magan, N., Čepela, R., y Vasiljević, M. (2022). Comparison of multiple mycotoxins in harvested maize samples in three years (2018–2020) in four continents. *Food Additives & Contaminants: Part A*. 39(3): 599–608. <https://doi.org/10.1080/19440049.2021.2012600>.
- Ramos, P., y Gianella Ariño Moneva, A. (2021). *Micotoxinas en alimentación animal*. Tesis de maestría. Universidad Zaragoza. <https://zaguan.unizar.es/record/107873>.
- Ruiz, S. C., y Romani, M. R. (2022). Detección de micotoxinas en maíz. *EEA Santiago del Estero, INTA*. <http://hdl.handle.net/20.500.12123/18180>.
- Scarpino, V., Sulyok, M., Krska, R., Reyneri, A., y Blandino, M. (2022). The role of nitrogen fertilization on the occurrence of regulated, modified and emerging mycotoxins and fungal metabolites in maize kernels. *Toxins*. 14(7): 448. <https://doi.org/10.3390/toxins14070448>.
- Tonial Simões, C., Kobs Vidal, J., da Rosa da Silva, C., Alves Sarturi, J., Fabris Laber, I., Madalosso, T., y Mallmann, C. A. (2023). A two-year study on the occurrence and concentration of mycotoxins in corn varieties with different endosperm textures. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 103(14): 7199–7206. <https://doi.org/10.1002/jsfa.12801>.
- Vargas Peralvo, E. A., Moreano Terán, N. F., Cárdenas, M. J., y Montoya Vizuete, S. N. (2024). Presencia de micotoxinas y sus metabolitos, efecto del consumo en cereales. *RECIENA*. 4(1): 87–98. <https://doi.org/10.47187/nxfsq753>.
- Xu, F., Baker, R. C., Whitaker, T. B., Luo, H., Zhao, Y., Stevenson, A., Boesch, C. J., y Zhang, G. (2022). Review of good agricultural practices for smallholder maize farmers to minimize aflatoxin contamination. *World Mycotoxin Journal*. 15(2):171–186. <https://doi.org/10.3920/WMJ2021.2685>.
- Yu, J., Hennessy, D. A., Tack, J., y Wu, F. (2022). Climate change will increase aflatoxin presence in US corn. *Environmental Research Letters*. 17(5):054017. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/ac6435>.