



Universitat de Lleida

Document downloaded from:

<http://hdl.handle.net/10459.1/62972>

Copyright

(c) Eumedia, 2016

Las micotoxinas: una amenaza oculta en el maíz.

Antonio J. Ramos, Sonia Marín y Vicente Sanchis.

Dpto. Tecnología de Alimentos. Unidad de Micología Aplicada. Universidad de Lleida. XaRTA-UTPV. Agrotecnio Centre. Avda Rovira Roure 191. 25198 Lleida (España).

Resumen

Las micotoxinas son metabolitos tóxicos producidos por mohos filamentosos que se encuentran frecuentemente en el maíz, pudiendo originarse la contaminación ya en el campo o durante las etapas de recolección y almacenamiento del grano, si las condiciones no son las adecuadas. En España las principales micotoxinas que afectan al maíz son las derivadas del crecimiento de cepas micotoxigénicas de *Fusarium*, especialmente las fumonisinas, el deoxinivalenol y la zearalenona.

Las micotoxinas son compuestos tóxicos producidos por una gran variedad de mohos filamentosos, especialmente de los géneros *Aspergillus*, *Penicillium*, *Fusarium*, y *Alternaria*. Se trata de metabolitos fúngicos secundarios cuya ingestión, inhalación o absorción cutánea puede llegar a producir diferentes enfermedades, o incluso llegar a causar la muerte, tanto en personas como en animales. Estos compuestos, de los que en este momento se han descrito ya varios centenares, de estructuras químicas muy diversas, han causado daños a la humanidad desde tiempos inmemoriales, pero no empezaron a ser caracterizados de forma sistemática hasta el descubrimiento, a principios de la década de los años 60 del pasado siglo, de las aflatoxinas, a raíz de la investigación de un brote, de origen por entonces desconocido, que se denominó “enfermedad X del pavo” (*Turkey “X” disease*). Pronto se determinó que el origen de la enfermedad estaba relacionado con el consumo de pienso que contenía una torta de cacahuete procedente de Brasil contaminada con estos metabolitos tóxicos.

El maíz es un cultivo que se ve frecuentemente colonizado por diferentes mohos filamentosos, tanto durante la precosecha como en postcosecha, dependiendo el tipo y la abundancia relativa de las diversas especies de mohos de los diferentes factores bióticos y abióticos que afectan al maíz durante su cultivo o almacenamiento, especialmente de las condiciones climatológicas y de las prácticas agrícolas en el campo, y de las condiciones de conservación en el almacén (temperatura y humedad ambiente, actividad de agua del grano, aireación, presencia de insectos, etc.).

Típicamente, el maíz es colonizado por especies de *Aspergillus*, principalmente de las secciones *Flavi*, *Nigri* y *Circumdati*, así como por especies de *Penicillium* y, especialmente, por especies de *Fusarium*. Estos géneros fúngicos son los que presentan frecuentemente más especies micotoxigénicas en regiones de clima templado. Las condiciones climáticas son fundamentales a la hora de determinar la predominancia de una especie o grupo de especies de mohos en particular. Así, en el maíz, en el centro y norte de Europa predomina la especie *Fusarium graminearum*, junto con otras especies como *F. culmorum*, *F. cerealis*, *F. langsethiae* y *F. avenaceum*, mientras que en las regiones más cálidas de Europa, el grano de maíz aparece colonizado principalmente por *F. verticillioides* y otras especies del complejo *Gibberella fujikuroi*, como *F. proliferatum* y *F. subglutinans*. En España, *F. verticillioides* y *F. proliferatum* son las especies que con mayor frecuencia infectan el grano de maíz, pero se sabe que la prevalencia de determinadas especies puede variar enormemente con la localización geográfica y las características climatológicas de las diferentes campañas.

Teniendo en cuenta esta amplia variedad de mohos con capacidad para infectar los granos de maíz, es probable encontrar una gran variedad de micotoxinas diferentes en el maíz y sus derivados, aunque en los últimos años las micotoxinas que más comúnmente contaminan el maíz en los países del área mediterránea son las producidas por especies de *Fusarium* (especialmente por *F. verticillioides*, *F. proliferatum* y *F. graminearum*), como la zearalenona, las fumonisinas y los tricotecenos, entre los que destacan el deoxinivalenol y las toxinas T-2 y HT-2 y, en menor medida las aflatoxinas, producidas por *Aspergillus* sección *Flavi*. Por otra parte, otras micotoxinas importantes que se puede encontrar en los cereales son las ocratoxinas, mientras que en el caso de las frutas, especialmente en la manzana y sus derivados, es la patulina la micotoxina más preocupante. La estructura química de las principales micotoxinas se muestra en la Figura 1.

A la hora de considerar el efecto que la ingestión de estos metabolitos tiene para la salud del hombre y de los animales, es importante tener en cuenta que se trata de compuestos que ejercen variados efectos tóxicos que pueden afectar negativamente a múltiples órganos a la vez, presentando una toxicidad que, además, es dependiente de otros aspectos tales como la especie animal considerada, el sexo, la edad o el estado nutricional del individuo, entre otros factores. Por regla general, la ingestión continua de pequeñas cantidades de estos compuestos tóxicos es más frecuente que la toxicidad aguda, por lo que en ocasiones el efecto negativo que ejercen puede pasar desapercibido, aunque, por lo general, afectan al desarrollo, al estatus inmunológico y a la productividad de los animales.

En el caso de las aflatoxinas el principal órgano diana es el hígado, aunque también se han observado efectos tóxicos en el riñón y en el cerebro, habiéndose demostrado además su actividad cancerígena (de hecho, se considera que la aflatoxina B₁ es el agente cancerígeno de origen natural más potente que existe), mutagénica, teratogénica e inmunotóxica.

Por otra parte, otra toxina frecuentemente encontrada en el maíz como la fumonisina B₁ ha mostrado poseer actividad hepatotóxica en animales, habiéndose visto que afecta también al cerebro en el caso de los caballos y a los pulmones en el caso de los cerdos; en el ser humano estudios epidemiológicos han relacionado la ingestión de fumonisinas con diferentes enfermedades, como el cáncer (de esófago o de hígado) o determinados defectos neuronales.

En el caso del deoxinivalenol, su toxicidad crónica suele manifestarse por vómitos, disminución de peso, anorexia, disminución de la eficiencia nutricional, rechazo del alimento y desórdenes inmunológicos, mientras que los efectos tóxicos derivados de una exposición prolongada a la zearalenona incluyen carcinogenicidad, genotoxicidad, toxicidad para el aparato reproductor, efectos sobre el sistema endocrino e inmunotoxicidad, siendo el cerdo uno de los animales más sensibles.

Además, debido a que un mismo moho puede producir diferentes micotoxinas a la vez, y también a que frecuentemente los granos de maíz pueden acabar contaminados por diferentes especies de mohos, si las condiciones para ello son favorables lo más frecuente son los casos de policontaminación, esto es, que se encuentren presentes dos o más micotoxinas a la vez en el mismo grano, materia prima o pienso. Esto supone, como mínimo, que se puede dar una suma de los efectos tóxicos que cada toxina tiene por separado, pero muy frecuentemente lo que implica es la aparición de efectos sinérgicos que pueden contribuir a la aparición de toxicidades mucho mayores a las esperadas teniendo en cuenta el nivel de contaminación por micotoxinas observado, en ocasiones inferior a lo recomendado a nivel comunitario.

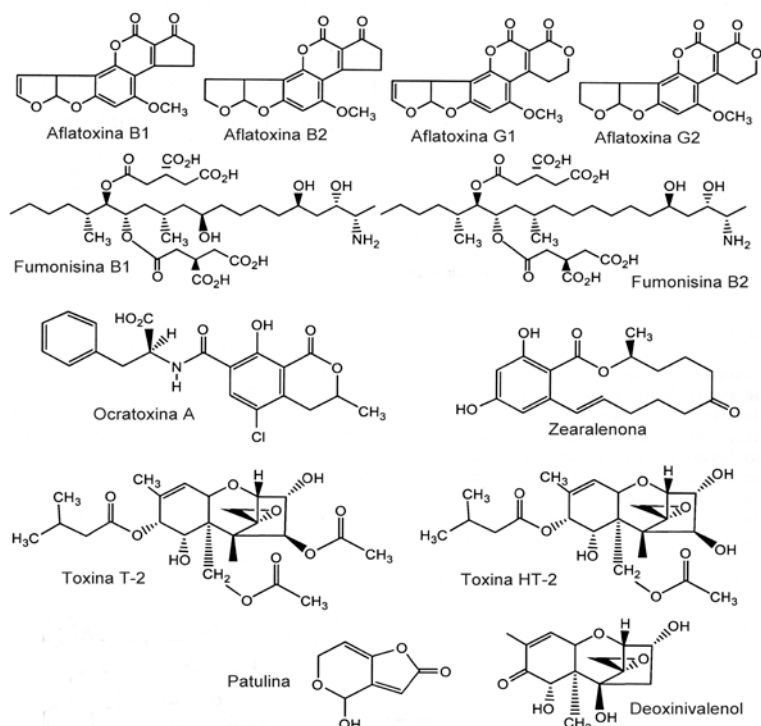


Figura 1.- Estructura química de las principales micotoxinas.

Las condiciones meteorológicas de cada campaña influyen sobre la presencia de una/s determinada/s micotoxina/s en los productos de origen vegetal. Esto genera que en un año pueda ser más predominante un tipo de micotoxina que otra en función de las variables climáticas. Por ejemplo, en el año 2014, a nivel mundial se puso de manifiesto que la principal micotoxina encontrada en los productos agrícolas fue el deoxinivalenol producido principalmente por *F. graminearum*, seguido de las fumonisinas y la zearalenona, aunque en Europa fueron el deoxinivalenol y la zearalenona las más abundantes. El maíz siguió la pauta observada a nivel mundial, pero, por ejemplo, en el caso de la soja, la toxina más frecuentemente encontrada fue la zearalenona.

En la Unión Europea existe una reglamentación bastante compleja que regula los niveles máximos permisibles de las diferentes micotoxinas en alimentos destinados al consumo humano (Reglamento 1881/2006 y sus modificaciones posteriores). No obstante, en el caso de la alimentación animal la reglamentación europea solo contempla límites máximos para el caso de la aflatoxina B₁ (Reglamento 574/2011), quedando el resto de micotoxinas reguladas solo mediante Recomendaciones comunitarias (Recomendaciones 2006/576 y 2013/165). La Tabla 1 recoge los niveles máximos de micotoxinas permisibles en la Unión Europea en el maíz y sus derivados para consumo humano. Dicha tabla no incluye los niveles para las toxinas T-2 y HT-2 ya que, hasta la fecha, solo se han promulgado recomendaciones al respecto.

Tabla 1.- Niveles máximos de micotoxinas admitidos en la Unión Europea en maíz, o alimentos que puedan contener maíz, para alimentación humana.

Micotoxina	Tipo de maíz	Nivel máximo admitido
Aflatoxinas	Maíz que vaya a someterse a un proceso de selección u otro tratamiento físico antes del consumo humano directo o de su utilización como ingrediente de productos alimenticios.	5 µg/kg (AFB ₁) 10 µg/kg (aflatoxinas totales)
Ocratoxina A	Cereales no elaborados Todos los productos derivados de los cereales no elaborados, incluidos los productos transformados a base de cereales y los cereales destinados al consumo humano directo a excepción de los alimentos infantiles y los dietéticos. Alimentos elaborados a base de cereales y alimentos infantiles para lactantes y niños de corta edad, y alimentos dietéticos destinados a usos médicos especiales dirigidos específicamente a los lactantes.	5 µg/kg 3 µg/kg 0,5 µg/kg
Deoxivalenol	Maíz no elaborado Cereales destinados al consumo humano directo, harina de cereales (incluida la harina de maíz, y el maíz triturado y molido), salvado como producto final comercializado para el consumo humano directo y germen, a excepción de los alimentos para lactantes y niños de corta edad. Fracciones de la molienda del maíz con tamaño de partícula > 500 µm, no destinadas al consumo humano directo. Fracciones de la molienda del maíz con tamaño de partícula ≤ 500 µm, no destinadas al consumo humano directo. Alimentos elaborados a base de cereales y alimentos infantiles para lactantes y niños de corta edad.	1750 µg/kg 750 µg/kg 750 µg/kg 1250 µg/kg 200 µg/kg
Zearalenona	Maíz no elaborado, excepto el destinado a molienda por vía húmeda. Aceite de maíz refinado. Maíz destinado al consumo humano directo, aperitivos de maíz y cereales para el desayuno a base de maíz. Fracciones de la molienda del maíz con tamaño de partícula > 500 µm, no destinadas al consumo humano directo. Fracciones de la molienda del maíz con tamaño de partícula ≤ 500 µm, no destinadas al consumo humano directo. Alimentos elaborados a base de maíz para lactantes y niños de corta edad.	350 µg/kg 400 µg/kg 100 µg/kg 200 µg/kg 300 µg/kg 20 µg/kg
Fumonisin	Maíz no elaborado, excepto el destinado a molienda por vía húmeda. Maíz y alimentos a base de maíz destinados al consumo humano directo, salvo excepciones. Cereales para el desayuno a base de maíz y aperitivos de maíz. Alimentos elaborados a base de maíz y alimentos infantiles para lactantes y niños de corta edad. Fracciones de la molienda del maíz con tamaño de partícula > 500 µm, no destinadas al consumo humano directo. Fracciones de la molienda del maíz con tamaño de partícula ≤ 500 µm, no destinadas al consumo humano directo.	4000 µg/kg 1000 µg/kg 800 µg/kg 200 µg/kg 1400 µg/kg 2000 µg/kg

Son muchos los factores que pueden influir en la infección del maíz por mohos micotoxigénicos. Se ha demostrado que las lesiones causadas por el ataque de insectos generan vías de entrada para la penetración de los mohos, e incluso que algunos insectos

pueden funcionar como vectores de mohos micotoxigénicos. Pese a que no hay mucha información sobre presencia de micotoxinas en maíz recién cosechado (la mayoría de la bibliografía se refiere al maíz almacenado, una vez ha sido sometido al proceso de secado), algunos investigadores han centrado su interés en los factores de campo que pueden ser cruciales para reducir la contaminación por micotoxinas, evaluando los factores agronómicos que pueden tener un impacto predominante, entre los que se podrían destacar:

- Preparar las tierras de cultivo y fertilizarlas de forma adecuada.
- Utilizar semillas tratadas higiénicamente.
- Realizar la siembra en condiciones en las que se eviten situaciones de estrés para la semilla, evitando situaciones de calor excesivo y/o de sequía, respetando las distancias de siembra para evitar densidades excesivas, y aplicando un programa de abonado adecuado.
- Asegurar que el riego tiene una distribución uniforme, tratando de evitar zonas de encharcamiento.
- Mantener bajo control las malas hierbas y los insectos, fundamentalmente el barrenador (por ejemplo, se ha visto que el uso de maíz transgénico, como el maíz Bt, al disminuir la incidencia del barrenador reduce la contaminación por micotoxinas).
- Supervisar la contaminación por hongos durante la cosecha.
- Minimizar el daño mecánico durante la fase de cultivo. Intentar minimizar la cantidad de granos dañados.
- Cosechar cuando se alcance la madurez completa del grano de maíz, excepto en casos en los que las condiciones de sequía o calor hagan aconsejable una recolección más temprana. Si es posible, cosechar cuando los niveles de humedad se encuentren por debajo de 15%.
- Realizar rotaciones de cultivos.

Por último, merece la pena mencionar que las condiciones climatológicas variables ligadas al cambio climático que estamos padeciendo es posible que traigan, en un futuro no muy lejano, un cambio en los ecosistemas fúngicos de forma que empiecen a ser predominantes en España especies de mohos micotoxigénicas cuya prevalencia anteriormente era mucho menor, lo que puede originar un cambio en el patrón de contaminación por micotoxinas habitual en los diferentes tipos de cultivos, propiciando la emergencia de micotoxinas que por ahora aún no suponen un problema.

Agradecimientos.

Los autores agradecen la financiación recibida por parte del Gobierno de España a través del proyecto del MINECO AGL2014-55379-P.

Lecturas recomendadas

- Biomin (2014). Mycotoxin survey 2014. Disponible a: www.biomin.net. Fecha consulta: 15 de enero de 2016.
- Butrón, A., Cao, A., Malvar, R.A., Ramos, A.J., Marín, S., Souto, X.C., Santiago, R., Aguín, O. y Mansilla, P. (2014). Contaminaciones con micotoxinas en el grano de maíz. *Agricultura* (2014), 979: 846-848.
- Díaz-Gómez, J., Marín, S., Capell, T., Sanchis, V., and Ramos, A.J. (*in press*). The impact of *Bacillus thuringiensis* technology on the occurrence of fumonisins and other mycotoxins in maize. DOI: <http://dx.doi.org/10.3920/WMJ2015.1960>

- Magan, N., Medina, A., and Aldred, D. (2011). Possible climate-change effects on mycotoxin contamination of food crops pre- and postharvest. *Plant Pathology, Special Issue: Climate Change and Plant Diseases* 60: 150-163.
- Marín, S., Ramos, A.J., Cano-Sancho, G., and Sanchis, V. (2013). Mycotoxins: occurrence, toxicology, and exposure assessment. *Food and Chemical Toxicology*, 60: 218-237.
- Ramos (Ed.). (2011). *Micotoxinas y micotoxicosis*. AMV Ediciones, Madrid.
- Soriano del Castillo, J.M. (Ed.). (2007). *Micotoxinas en alimentos*. Díaz de Santos, Madrid.
- Streit, E., Schwab, C., Sulyok, M., Naehrer, K., Krska, R., and Schatzmayr, G. (2013). Multi-mycotoxin screening reveals the occurrence of 139 different secondary metabolites in feed and feed ingredients. *Toxins*, 5: 504-523.

POSTPRINT