

## ¿Qué son las micotoxinas?

### Micotoxicosis: Consideraciones Generales

Gustavo Clemente???

INTA???

Las micotoxinas son un grupo muy amplio de metabolitos secundarios de origen fúngico caracterizadas por presentar una elevada toxicidad tanto para el hombre como para los animales, toxicidad que puede comprender desde el desarrollo de actividades carcinogénicas, teratogénicas o mutagénicas hasta la producción de desórdenes de tipo hormonal y/o inmunosupresor.

Las enfermedades causadas por estas micotoxinas en los seres humanos han sido reportadas desde hace siglos. A mediados del siglo XIX se demostró que la presencia de los alcaloides producidos por el hongo *Claviceps purpurea* causaba alucinaciones y sensaciones similares a las de las quemaduras, provocadas por las constricciones de las venas sanguíneas en las extremidades. Presentaban también gangrena y en la mayoría de los casos se presentaba la pérdida de las extremidades (Fuego de San Antonio).

Recién en 1960, a partir de la enfermedad X de los pavos en Inglaterra, se produjo el descubrimiento de las aflatoxinas, y fue el inicio de una de las investigaciones más extensas que se han efectuado sobre toxinas de origen natural. A partir de este descubrimiento, la mayoría de los países comenzaron a establecer estándares de niveles permitidos en alimentos, tanto para humanos como para animales, pero específicamente para Aflatoxinas, posteriormente, el avance de la investigación en la temática, dio como resultado el conocimiento de otro grupo de importancia, actualmente denominadas micotoxinas emergentes, Zearalenona, Ocratoxina, Fumonisin, Vomitoxina, DON, como las más estudiadas.

Actualmente se han identificado cerca de 800 micotoxinas, siendo las de mayor impacto en la industria pecuaria las generadas por tres clases de hongos: *Aspergillus*, *Fusarium* y *Penicillium*.

En campo, la producción de micotoxinas se incrementa con el estrés hídrico, altas temperaturas y daños en plantas hospedantes producidos por insectos, (por ejemplo en maíz, daños en mazorca por *Heliothis* y *Spodoptera*). Aunado a lo anterior, la incidencia de micotoxinas se ven favorecidas por el ataque de plagas insectiles que se desarrollan bajo condiciones específicas como la fecha de siembra, altas densidades de siembra y alta incidencia de malezas. Uno de los factores que presentan una mayor influencia en la alteración de los alimentos es el contenido de agua disponible o actividad de agua.

Las micotoxinas presentes en las raciones que son ingeridas por los animales, se pueden excretar en la leche, o aparecen como residuos en carnes y huevos, Van Walbeek et al. (1968) reportaron presencia de Aflatoxinas en espaguetis.

#### Características generales de las micotoxinas

- Mono Polares
- Termoestables (>90 °C)
- Bajo peso molecular
- Resistentes a químicos/biológicos/inactivación física/enzimas digestivas

#### Efectos tóxicos asociados a:

- Tolerancia a la micotoxina
- Sexo, edad, estrés
- Estado reproductivo
- Estado nutricional
- Condiciones ambientales
- Forma de Exposición
- Dosis (intoxicaciones crónicas o agudas)

#### Principales características de las micotoxinas

Aflatoxina	
Cultivos afectados	Cereales y leguminosas.
Tipo de hongos	<i>Aspergillus flavus</i> y <i>parasiticus</i>
Seres sensibles	Humanos, aves, cerdos, bovinos
Efectos	Inmunosupresión, hepatotoxicidad, nefrotoxicidad, cancerígeno, alteración en el metabolismo de proteínas, carbohidratos y glúcidos
Condiciones predisponentes	Actividad agua, temperatura (climas templados y tropicales), condiciones de estrés (climático, enfermedades, insectos, etc.).
Niveles de Tolerancia	Maíz destinado a la elaboración de alimento concentrado <20 ppb. Leche en polvo y fluida < 0,5 ppb.

<b>Vomitoxina</b>	
Cultivos afectados	Trigo, cebada, maíz, avena
Tipo de hongos	<i>Fusarium graminearum</i>
Seres sensibles	Humanos, aves, cerdos, bovinos
Efectos	Vómito, rehúsan ingerir alimentos, diarrea
Condiciones predisponentes	Actividad agua, temperatura (climas templados y fríos), condiciones de estrés (climático, enfermedades, insectos, etc.).
Niveles de Tolerancia	Germen de trigo destinado al consumo humano < 1 ppm. Granos y demás ingredientes destinados a la elaboración de alimentos concentrados para animales <5 ppm.
<b>Fumonisina</b>	
Cultivos afectados	Maíz
Tipo de hongos	<i>Fusarium moniliforme / proliferatum</i>
Seres sensibles	Caballos, cerdos, bovinos, humanos
Efectos	Cáncer esofágico, edema pulmonar porcino, leucoencefalomalacia en equinos, pérdida de peso, muerte.
Condiciones predisponentes	Actividad agua, temperatura (climas templados y cálidos), condiciones de estrés (climático, enfermedades, insectos, etc.). Alta termoestabilidad
Niveles de Tolerancia	Cerdos y peces < 20ppm. Bovinos de engorde, aves adultas < 30 ppm. Rumiantes menores a 3 meses de edad < 60 ppm. Todas las otras especies animales (incluyendo perros y gatos) <10 ppm
<b>Zearalenona</b>	
Cultivos afectados	Maíz, trigo, cebada
Tipo de hongos	<i>Fusarium graminearum</i>
Seres sensibles	Humanos, cerdos, pollos y bovinos
Efectos	Problemas de reproducción, desorden estrogénico
Condiciones predisponentes	Actividad agua, temperatura (climas templados y fríos), condiciones de estrés (climático, enfermedades, insectos, etc.).
Niveles de Tolerancia	Tolerancia <500 ppb considerando hembras reproductoras
<b>Toxina T-2</b>	
Cultivos afectados	Trigo, cebada, maíz, avena
Tipo de hongos	<i>Fusarium ssp</i>
Seres sensibles	Humanos, cerdos, pollos, bovinos, cabras
Efectos	Disminución del consumo de alimento, lesiones orales, alteración de la función motora, dermonecrosis, hemorragias, depresión en la tasa de crecimiento, muerte.
Condiciones predisponentes	Actividad agua, temperatura (climas templados y fríos), condiciones de estrés (climático, enfermedades, insectos, etc.).
Niveles de Tolerancia	<500 ppb
<b>Ocratoxina</b>	
Cultivos afectados	Cereales, maíz, cebada
Tipo de hongos	<i>Aspergillus ochraceus</i>
Seres sensibles	Aves, cerdos
Efectos	Nefrotoxicidad, cáncer, inmunosupresión
Condiciones predisponentes	Actividad agua, temperatura (climas templados y fríos), condiciones de estrés (climático, enfermedades, insectos, etc.). Clima Temperatura (15 - 32 °C) y seco
Niveles de Tolerancia	< 20 ppb

### Estrategias a implementar para reducir los niveles de micotoxinas

El Análisis de Riesgos y Puntos Críticos de Control conocido como ARPCC (HACCP), es un método sistemático, preventivo, dirigido a la identificación, evaluación y control de los peligros asociados con las materias primas, ingredientes, procesos, comercialización y uso por el consumidor, a fin de garantizar la inocuidad del alimento.

Para el caso de una micotoxicosis, se debería tener presente:

- a) **Manejo agronómico:** elección de materiales resistentes (enfermedades), rotación de cultivos, uso de semilla de alta calidad y libre de enfermedades, riego suplementario, densidad de plantas, fechas de siembra, control de roedores y aves, control de insectos y utilización de eventos de protección, manejo integrado de plagas, enfermedades y malezas con el fin de evitar situaciones de estrés al cultivo.
- b) **Cosecha:** realizar en el momento oportuno, regular la cosechadora para obtener un grano sano, seco y limpio. La mayor presencia de las micotoxinas, se encuentran en la periferia del grano, por lo que, granos quebrados o altas concentraciones de partículas menores a 3 mm, aumentan la superficie de colonización por parte de microorganismos micotoxigénicos. Además, los equipos de cosecha y transporte, deben presentar condiciones de higiene que eviten la diseminación de éstos. Es de importancia la planificación de la logística de transporte y secado, ya que en este intervalo, el granel puede presentar condiciones predisponentes para el crecimiento de microorganismos y producción de micotoxinas.
- c) **Almacenamiento:** las condiciones de alta temperatura y humedad, aireación e inóculo primario proveniente del campo son determinantes en el incremento de la síntesis de micotoxinas en el grano de maíz (Hernández et al., 2007). El uso de fungistáticos, como ácido propiónico o sus sales, si bien no neutralizan la presencia de micotoxinas producidas en los pasos previos, pueden controlar el desarrollo de los microorganismos micotoxigénicos en esta etapa. El control de la actividad agua y la temperatura son aspectos claves para inhibir la presencia de estos hongos en las estructuras de almacenamiento. Recordar que para la germinación de las esporas de los hongos (etapa también micotoxigénica), los requerimientos de estos dos parámetros, son menos exigentes que para el desarrollo del micelio, por lo cual, la ausencia de micelio, no garantiza que no se estén formando micotoxinas.
- En caso de utilizar sistemas de atmósferas automodificadas (estructura de bolsa) la conservación de la hermeticidad es un aspecto determinante para esta etapa, lo que llevara a extremar los cuidados de la misma.
- En esta etapa, analizar las distintas partidas de las materias primas que serán almacenadas con el objetivo de resguardar los materiales sin contaminación, de los posibles contaminados.
- Según la F.A.O. las condiciones que han de cumplir los procesos de descontaminación de micotoxinas son: 1) Destruir, inactivar o eliminar las micotoxinas. 2) No producir residuos tóxicos. 3) Retener el valor nutritivo y aceptabilidad del producto. 4) No alterar las propiedades tecnológicas del producto. 5) Destruir el micelio y esporas fúngicas. 6) Ser respetuoso con el medio ambiente. La descontaminación química y el mezclado de lotes de productos con diferentes niveles de contaminación por micotoxinas son quizás algunas de las mejores opciones para reducir la concentración de estas toxinas en los alimentos. No obstante, la nueva legislación europea prohíbe taxativamente estas prácticas.
- d) **Post Almacenamiento:** esta etapa puede abarcar, la propia exposición del material al ambiente en la estructura de almacenamiento mientras es retirada del mismo, un nuevo transporte al centro de consumo y/o industria alimenticia, o para ser suministrado en el campo directamente a los animales.

#### Solución para la industria alimenticia

Concientización al productor sobre el riesgo de adquirir materia prima "supuestamente económica"  
 Adquirir kits o metodología que permitan al productor monitorear la presencia de micotoxinas.  
 Hacer prueba de monitoreo cada vez que se adquiera materia prima nueva.  
 Evitar el almacenamiento prolongado de los granos pos-cosecha.  
 Modelos matemáticos para diluir cereales contaminados

En caso de ser suministrado directamente en el campo, ya sea para aves, cerdos o bovinos, considerando que la generación de estos metabolitos secundarios se generaron en las etapas previas debido a deficiencias en los mecanismos preventivos, algunas recomendaciones podrían ser:

- Determinación del tipo de micotoxinas y su concentración en la ración final que va a ser suministrada.
- En caso de contener niveles superiores a los de tolerancia, realizar este mismo análisis a cada uno de los ingredientes que participan en la ración.
- Si se individualiza que un ingrediente en particular es el contaminado, ver la posibilidad de reemplazarlo o diluirlo con otra partida no contaminada para disminuir la concentración de micotoxinas.
- Dependiendo del tipo de micotoxina presente (no todas tienen la misma polaridad), utilizar secuestrantes de micotoxinas, como aluminosilicatos (bentonita sódica, arcillas, etc.) o derivados de paredes de levaduras, como glucomananos o la mezcla de ellos.
- La utilización de un inhibidor fúngico en la etapa de suministro sería una buena herramienta.
- En lo posible, en los comederos, la ración no debería permanecer más de 24 hs, si el contenido de humedad de la misma supera el 12-13%.
- Grupos de animales que no tengan aun desarrollado su sistema inmunitario o debilitado, bajos planos nutricionales, altas exigencias reproductivas y productivas, no deberían ser alimentados con raciones que contengan micotoxinas por encima de los niveles de tolerancia.

- Las micotoxinas son absorbidas en intestino delgado, entran al torrente sanguíneo, se transportan hacia los órganos (hígado, riñón) donde son metabolizados en estos metabolitos tóxicos, teniendo la capacidad de unirse con macromoléculas celulares como proteínas, ácido ribonucleico (ARN) y desoxirribonucleico (ADN), afectando la síntesis proteica, por lo cual se deberá hacer un rebalanceo de los niveles proteicos de la dieta debido a esta afectación. Afectan de igual modo la fagocitosis y síntesis de anticuerpos (son proteínas)
- Por lo descrito en el punto anterior, el uso de hepatoprotectores es una práctica aconsejada.
- Otros de los efectos, es el de inmunosupresión, por lo cual la utilización de minerales en forma orgánica (de mayor biodisponibilidad) que actúan sobre el sistema inmunitario, como selenio, zinc y cobre, atenuarían el impacto sobre la inmunidad.

### **Consideraciones finales**

Las micotoxinas pueden ser producidas en todas las etapas, desde la semilla al comedero, por lo cual, contar con protocolos de trabajo (buenas prácticas) y trazabilidad de cada una de las etapas, permitiría identificar cual es la etapa más crítica para enfatizar los procesos de prevención en ella, de esta manera reducir los efectos de una micotoxicosis sobre los consumidores finales.

### **Bibliografía**

- Riera, J. 2006. MICOTOXINAS DE IMPORTANCIA EN LA PRODUCCIÓN ANIMAL. Laboratorio SeDiComVet, C.A. ,Maracay
- Sanchis, V.; Marín, S.; Ramos, A. 2000. Control de micotoxinas emergentes. Situación legislativa actual. Unidad de Microbiología, Departamento de Tecnología de Alimentos, CeRTA. Universidad de Lleida, Lleida, España.
- Hernández DS, Reyes LA, Reyes MCA, García OJG y Mayek PN. 2007. Incidencia de hongos potencialmente toxígenos en maíz (*Zea mays* L.) almacenado y cultivado en el norte de Tamaulipas, México. Revista Mexicana de Fitopatología 25:127-133.
- Martínez Padrón, H. Y. Hernández Delgado, S., Reyes Méndez, C., Vázquez Carrillo, G., 2013 El Género *Aspergillus* y sus Micotoxinas en Maíz en México: Problemática y Perspectivas. Rev. mex. fitopatol vol.31 no.2 Ciudad Obregón
- Van Walbeck, W., Scott, P. M., and Thatcher, F.S. 1968. Mycotoxins from food-borne fungi. Can. J. Microbiol. 14, 131-137