

## Revisión Micotoxinas: Riesgos y prevención

Fanny Requena<sup>1\*</sup>, Elsy Saume<sup>2</sup> y Alicia León<sup>1</sup>

### RESUMEN

Las micotoxinas representan un peligro latente tanto para la salud humana como animal. Estas se pueden encontrar de modo natural en un gran número de productos agrícolas, utilizados como materias primas para la preparación de alimentos balanceados para animales o como contaminantes o residuos tóxicos de los productos de las explotaciones zootécnicas (leche, huevos carnes). La contaminación del producto puede ocurrir en cualquier punto de la cadena alimenticia, desde la cosecha, pasando por la recolección, almacenaje, transporte, elaboración y conservación. La principal arma para combatir a las micotoxinas la constituye la difusión objetiva de la información a todos los integrantes de las cadenas productivas de alimentos y las consecuentes medidas de prevención y control que se puedan aplicar a lo largo de la misma. En el presente trabajo se hace una revisión acerca de los riesgos de las principales micotoxinas presentes en alimentos, los efectos sobre la salud de las principales especies animales de interés zootécnico y en humanos, las formas de detección, los niveles permisibles y los mecanismos de prevención y control que pueden ser usados para enfrentarlas.

*Palabras clave:* Micotoxinas, contaminación alimentos, riesgos animales, riesgos humanos, prevención.

---

<sup>1</sup> Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas Centro Nacional de Investigaciones Agropecuarias, Unidad de Producción Animal. Apartado Postal 4653. Maracay, Aragua, Venezuela. \*Correo electrónico: frequena@inia.gov.ve

<sup>2</sup> Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas Centro Nacional de Investigaciones Agropecuarias, Unidad de Sanidad Animal. Apartado Postal 4653. Maracay, Aragua, Venezuela.

**Review**  
**Mycotoxins: Risks and prevention**

**SUMMARY**

Mycotoxins represent a latent danger for both animal and human health. These toxins can be found in a natural way in a great number of agricultural products, which are used as raw materials for preparation of animal feedings. It can also be found as pollutants or toxic residuals in animal products, such as milk, eggs, and meat. Contamination of these products can occur in any point of the food chain, from field harvest, going through transport, storage, elaboration, and conservation. The main weapon to combat mycotoxins is through the objective diffusion of information to all members of the productive food chain and the consequent measures of prevention and control that can be applied along this chain. The objectives of this paper were to review the risks of the main mycotoxins present in foods, their effects on the health of human and main species of farm animals, as well as the detection forms, the permissible levels, and the mechanisms of prevention and control that can be used to face them.

*Keywords:* Mycotoxins, polluted foods, animal risks, human risks, prevention

**INTRODUCCION**

Las toxinas producidas por hongos o micotoxinas se pueden encontrar de modo natural en un gran número de productos agrícolas, utilizados como materias primas para la preparación de alimentos balanceados para animales o como contaminantes o residuos tóxicos de los productos de las explotaciones zootécnicas (leche, huevos carnes).

Son numerosos los factores que pueden influir para la contaminación con hongos productores de micotoxinas, entre estos están la resistencia genética del cultivo, las condiciones climatológicas caracterizadas por temperaturas y humedades relativas altas, condiciones de transporte y almacenamiento inadecuado y un secado deficiente (Wood, 1992). Por tanto, la contaminación del producto puede ocurrir en cualquier punto de la cadena alimenticia, desde la cosecha, pasando por la recolección, almacenaje, transporte, elaboración y conservación.

La incidencia de micotoxinas en la producción de animales, especialmente aves y cerdos, representa uno de los mayores problemas que preocupa a estos importantes sectores agroproductivos. Entre los efectos adversos que pueden traer consigo el consumo de alimentos contaminados se encuentran la drástica reducción de la productividad, caracterizada por una disminución de la velocidad de crecimiento y una baja eficiencia alimentaria (Osuna, 1989). Esta influencia negativa se debe principalmente a interferencias producida por las micotoxinas sobre diversos sistemas enzimáticos ligados al proceso digestivo y del metabolismo de los nutrientes así como del sistema inmunosupresor (Reddy, 1982).

Para la salud humana estas también representan una amenaza latente pues pueden actuar como un "asesino silencioso", ya que su consumo en dosis muy pequeñas no induce síntomas clínicos evidentes, pero con el tiempo puede traer graves consecuencias sobre la calidad y durabilidad de la vida.

En Venezuela, la producción de alimentos balanceados para animales depende principalmente de la utilización de materias primas importadas (75%), las cuales podrían venir acompañadas con problemas de micotoxinas o estar propensas a contaminarse debido a las condiciones de transporte y almacenamiento a que son sometidas, antes de entrar a la cadena de preparación.

Se han realizado muchos estudios en diferentes países como los reportados por la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO), la Organización Panamericana de la Salud (OPS), por Centros de Investigaciones Internacionales y Nacionales, entre los que destacan los conducidos por Osuna (1989), Manning (1989), Wyatt (1998), Demet (1999) y Díaz (2005) y los llevados en nuestro país por Martínez (1993), Carabaño y Silva (1998), Mazzani (1998), Saume *et al.* (2005) y Jaramillo (2005).

Sin embargo, el abordaje más eficaz de este problema consistiría en adoptar medidas de prevención en materias primas de producción nacional y de control en materias primas importadas y alimentos preparados de disponibilidad comercial bajo un sistema integral. Igualmente es importante crear una cultura hacia la micotoxinas tratando de difundir información que sea comprensible tanto para productores y consumidores, sobre los riegos y procedimientos para combatir estas sustancias ya que la amplitud de la difusión de las mismas en un gran número de alimentos hace muy difícil la

tarea que a nivel mundial se coordina para minimizar los graves problemas de salud que ellas representan y de los cuales estamos obligados a afrontar.

### Naturaleza de las micotoxinas

Los efectos de las micotoxinas son conocidos por el hombre desde hace muchos años. En Europa, durante la edad media, se presentaron epidemias que causaron la muerte a miles de personas. La causa de estas epidemias fue el ergotismo, micoticoxiosis originada por el moho *Claviceps purpurea*. Sin embargo, es a principio de la década de los 60 cuando en Gran Bretaña ocurren una serie de eventos que llevaron al descubrimiento de las aflatoxinas (Calnek *et al.*, 1995). Para esa fecha, un brote de una rara enfermedad de etiología desconocida causó la muerte de miles de bovinos, ovinos, pollos y pavos. Por ser esta la especie en la cual se observó por primera vez la enfermedad fue denominada "Enfermedad X de los Pavos". Científicos de la época concluyeron que la causa estaba asociada al alimento, específicamente a una harina de maní importada del Brasil. De allí, se logró aislar una sustancia producto del crecimiento de un hongo que al ser suministrada a animales sanos produjo una sintomatología, compatible con la desconocida enfermedad, demostrándose que dicha sustancia había sido producida por una cepa de *Aspergillus flavus* de donde derivó su nombre: Aflatoxinas.

Simultáneamente a estos hechos, se descubrió en California la aparición masiva de cáncer de hígado en las truchas arco iris de varias piscifactorías comerciales, aislándose en aquella ocasión aflatoxina en el alimento utilizado (Burdaspal, 1998).

### Principales micotoxinas presentes en alimentos

Actualmente se conocen más de 200 diferentes micotoxinas presentes en granos como el maíz, trigo, cebada, arroz, semilla de ajonjolí, maní, etc., siendo las aflatoxinas, la ocratoxina A, la zearalenona, las fumonisinas y los tricoticenos las principalmente asociadas a problemas de toxicidad alimentaria (Díaz, 2005) En el Cuadro 1 se pueden observar los principales hongos contaminantes de alimentos y los tipos de toxinas que producen.

### Aflatoxinas

Según la Organización Panamericana de la Salud (OPS, 1983), las aflatoxinas, químicamente son un grupo de metabolitos del grupo bis furano cuamarina producido por *Aspergillus flavus* y *A. parasiticus*, denominados B1, B2, G1 y G2. Las cuatro sustancias principales se distinguen por sus

colores fluorescentes B, correspondiente al color azul, y el G, correspondiente al verde, con subíndices que indican la movilidad cromatográfica relativa.

Cuadro 1. Alimentos y hongos asociados a las micotoxinas

Micotoxinas	Alimentos	Hongos asociados
Aflatoxinas	Maní, pistacho, nueces, maíz, semilla de algodón y cereales	<i>Aspergillus paraciticus</i> , <i>A. flavus</i>
Fumonisin	Maíz y otros cereales	<i>Fusarium verticillioides</i> , <i>F. proliferatum</i>
Ocratoxina	Legumbres, cereales y granos de café	<i>Penicillium verrucosum</i> , <i>Aspergillus ochraceus</i>
Patulina	Manzanas, uvas y otras frutas	<i>Penicillium expansum</i> , <i>Aspergillus giganteus</i> , otros <i>Penicillium</i> y <i>Aspergillus spp.</i>
Tricotícenos	Trigo, maíz	<i>Fusarium tricinctum</i> , <i>F. poae</i> y otras especies de <i>Fusarium</i>

Fuente: Sharma, 2004.

### Aflatoxinas

Según la Organización Panamericana de la Salud (OPS, 1983), las aflatoxinas, químicamente son un grupo de metabolitos del grupo bis furano cuamarina producido por *Aspergillus flavus* y *A. parasiticus*, denominados B1, B2, G1 y G2. Las cuatro sustancias principales se distinguen por sus colores fluorescentes B, correspondiente al color azul, y el G, correspondiente al verde, con subíndices que indican la movilidad cromatográfica relativa.

Las demás aflatoxinas conocidas resultan del metabolismo de alguna de estas, siendo la aflatoxina M1 (AFM1) una de las más relevantes para la salud humana, ya que es excretada en la leche de las hembras de mamíferos que consumen AFB1 en la dieta.

Las aflatoxinas son inmunosupresoras que inhiben la fagocitosis y la síntesis proteica interrumpiendo la formación del ADN, ARN y proteínas en el ribosoma. (Smith, 1982; Sharma, 1993).

La toxicidad aguda de las aflatoxinas se manifiesta principalmente como lesiones hepáticas. En la forma subaguda, los animales jóvenes pueden presentar retardo en el crecimiento, pérdida del apetito, se compromete el

sistema inmunitario por su acción degenerativa sobre el timo y la bursa de Fabricio, aumento de la fragilidad capilar afectando el tiempo de coagulación sanguínea y de allí, la presencia de hematomas, postración y muerte (Rivero *et al.*, 1998).

En el Cuadro 2 pueden observarse algunos de los resultados obtenidos en pruebas realizadas en el INIA-Ceniap y reportados por Saume y Requena (2005), en las cuales se evaluaron los efectos de las aflatoxinas sobre el sistema inmune de pollos de engorde, específicamente en lo que se refiere a sus efectos sobre la relación peso bursa/peso corporal, índice bursal y título de anticuerpos contra la enfermedad infecciosa de la bursa.

Cuadro 2. Índices de Bursa en pollos de engorde alimentados con dietas contaminadas con Aflatoxina B1 (AB1) purificada *ad libitum* desde el día 1 hasta el 28 de edad y vacunadas al día 10 de edad contra la Enfermedad Infecciosa de la Bursa (EIB).

Tratamiento	Vacunado	No vacunado
50 ppb AB1 - vacunado	1,014 a†	1,100 a
50 ppb AB1 - no vacunado	1,007 a	1,092 a
100 ppb AB1 - vacunado	1,077 a	1,169 a
100 ppb AB1 - no vacunado	1,210 a	1,313 a
200 ppb AB1 - vacunado	0,088 b	0,055 b
200 ppb AB1 - no vacunado	0,766 b	0,830 b

† Valores con diferentes letras son significativamente diferentes ( $P < 0,05$ ). ppb =  $\mu\text{g}/\text{kg}$ .

## Ocratoxina A

Las ocratoxinas son metabolitos de los géneros *Aspergillus* y *Penicillium* y se pueden encontrar principalmente en cereales, tales como maíz, cebada, trigo y avena, aunque también ha sido detectada en granos de café. Análisis realizados Laboratorio de Toxicología de la Universidad Nacional de Colombia han revelado niveles de casi 200 ppb de Ocratoxina A (OA) en muestras de café verde tipo pasilla y niveles de hasta casi 20 ppb en muestras de café soluble (instantáneo). (Díaz, 2005)

La OA junto con otras micotoxinas nefrotóxicas fue implicada en una nefropatía endémica que afectó a miles de personas a mediados de los años 20 en Europa del Este, conocida como enfermedad de los Balcanes (Sharma, 2004). En las aves se caracteriza por la producción de esclerosis

renal y periportal, enteritis, supresión de la hematopoyesis de la médula ósea. En cánidos, las OA causan anorexia, pérdida de peso, vomito, conjuntivitis y necrosis renal, entre otras afecciones (Jurado, 1989). En rumiantes es rápidamente degradada en el rumen, pasando de OA a ocratoxina alfa ( $O\alpha$ ), por lo tanto las consecuencias negativas no son importantes, a menos que sean consumidas por pre rumiantes (Whitlow y Hagler, 2002).

La detección en Europa de la presencia de OA en productos de cerdo vendidos en establecimientos minoristas y en sangre de cerdo ha demostrado que esta toxina puede pasar de los alimentos a los productos de origen animal (FAO, 2003).

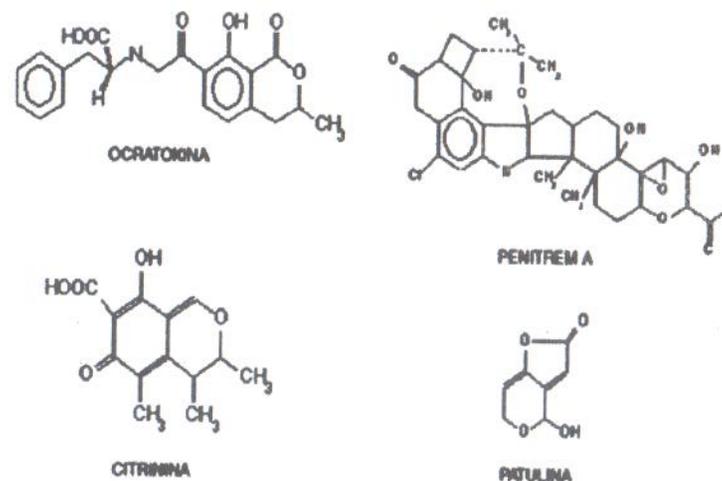


Figura 1. Estructura química algunas micotoxinas

## Fumomisinis y Zearalenonas

*Fusarium* es un género de moho que forma parte de la flora de campo (sustratos fitopatógenos, plantas vivas) y de la flora intermedia (sustratos de cereales recién recogidos y aun húmedos). Este moho vegeta entre 6 y 40°C con un óptimo entre 18 y 30°C.

Las micotoxinas de *Fusarium* se puede clasificar en:

1. Tricotecenos estrogénicos, o micoestrógenos donde los más importantes son la Zearalenona (ZEN) y el Zearalenol.
2. Tricotecenos no estrogénicos incluyendo a: vomitoxina o deoxinivalenol (DON), fumonisina B1 (FB1), toxina T-2, diacetoxiscirpenol (DAS), monoacetoxiscirpenol (MAS), triacetoxiscirpenol (TAS) y escirpentriol (STO).

La zearalenona es particularmente importante en hembras porcinas jóvenes en las cuales ocasiona una toxicosis conocida como "vulvovaginitis porcina". En hembras porcinas adultas puede causar cesación de calores y pseudo-preñez en hembras no gestantes y disminución en el número de lechones por camada en el caso de hembras preñadas (adicionalmente los lechones nacen débiles y con problemas locomotores). En humanos no se han reportado efectos adversos debidos a la zearalenona, pero no se deben descartar ya que todas las hembras de mamíferos estudiadas hasta el momento han demostrado ser susceptibles a esta micotoxina (ratas, ratonas, conejas y hembras de mink). Adicionalmente, estudios *in vitro* de unión de zearalenona a receptores para estrógenos en citosol indican que los humanos tienen una sensibilidad a la zearalenona similar a la de los cerdos (Kuiper-Goodman *et al.*, 1987).

Del segundo grupo destacan las fumonisinas que son producidas esencialmente por *Fusarium moniliforme*. Existen 6 tipos de fumonisinas, B1, B2, B3, B4, A1 y A2 (16-18). Sin embargo, las que suelen encontrarse con más frecuencia y las más importantes son la fumonisina B1 (FB1) y la B2. La FB1 y FB2 pueden encontrarse como contaminantes naturales, en los cereales, preferencialmente en el maíz y subproductos del maíz (Gimeno, 2005). En los porcinos dan lugar a edema pulmonar como condición letal subaguda. Se reportan también casos de necrosis pancreática y daño hepático, observados después de un lapso promedio de 4,4 días poscontaminación. En los broilers, se manifiesta la intoxicación con pérdida de peso, diarrea, ascitis e hidropericardio, deficiente conversión alimenticia, ulceraciones orales y se han reportado también alteraciones en los niveles de Ca sérico, colesterol y AST (aminotransferasa aspartato) (Lesson *et al.*, 1995).

En humanos se considera que las fumonisinas son potenciales carcinógenos ya que estudios epidemiológicos indican una fuerte correlación entre el consumo de maíz contaminado con fumonisinas y la incidencia de cáncer esofágico, particularmente en ciertas regiones de China y Sudáfrica. (Díaz, 2005). Los principales síndromes que producen son: neurotóxicos

(leucoencefalomelacia), nefrotóxicos, edema pulmonar y cerebral, hepatotóxicos y lesiones cardiacas. Los órganos afectados son: el cerebro, pulmón, hígado, riñón y corazón (Sharma, 2004).

#### Factores que tienen influencia sobre la toxicidad de las micotoxinas

Los principales factores que tienen influencia sobre la toxicidad de las micotoxinas tanto en humanos como en animales, según Kuiper-Goodman (1994) son:

- a) La biodisponibilidad y toxicidad de la micotoxina
- b) Los sinergismos entre ellas
- c) La cantidad de micotoxina ingerida diariamente en función de la concentración de micotoxina y de la cantidad de alimento ingerido
- d) La continuidad o intermitencia de ingestión del alimento contaminado
- e) El peso del individuo y el estado fisiológico y de salud de éste
- f) La edad del individuo.

#### Detección de micotoxinas

Los métodos para el análisis de las micotoxinas han ido evolucionando en busca de una mayor precisión en la identificación de estas sustancias en alimentos, tejidos y fluidos orgánicos. En los primeros años que siguieron al descubrimiento de las aflatoxinas el hombre tuvo interés en los métodos rápidos que le permitiera inspeccionar en corto tiempo un gran volumen de granos. Fue así como se publicó el uso de la lámpara ultra violeta para detectar la fluorescencia.

Luego surge la utilización de los anticuerpos monoclonales para la detección rápida de aflatoxinas, en lotes sospechosos que posteriormente podrán ser sometidos al análisis cuantitativo. La cromatografía en capa delgada (TLC) se toma como una herramienta valiosa en el análisis semi cuantitativo o cuantitativo, adoptándose como métodos oficial establecido por la Association of Analytical Chemist hasta llegar hoy en día a métodos más sofisticados como la Cromatografía de Alta Precisión (HPLC) y la Reacción en Cadena de Polimerasas (PCR).

También pueden utilizarse métodos basados en ELISA (Enzyme-Linked Immunosorbent Assay), a pesar de que es aconsejable reconfirmar por alguno de los métodos señalados anteriormente cuando se encuentren resultados positivos, ya que ELISA utiliza anticuerpos policlonales que pueden dar "falsos positivos" (Gimeno, 2005).

La importancia de cada uno de estos métodos depende del medio en que se va a aplicar y se distinguen por el grado de sensibilidad en la detección de altas o bajas concentraciones presentes en las muestras problema. Por otra parte, debe considerarse el programa de muestreo por lo que la FAO invita a tener en cuenta las siguientes consideraciones: La distribución de la concentración de las micotoxinas es un factor importante a considerar cuando se adoptan criterios reglamentarios de muestreo para los productos. La distribución puede ser muy heterogénea, como para las aflatoxinas del maní. La cantidad de granos de maní contaminados en un lote es habitualmente muy baja, pero el nivel de contaminación dentro del grano puede ser muy alto. De no tenerse los debidos cuidados para obtener una muestra representativa, la concentración de las micotoxinas en los lotes inspeccionados puede con facilidad estimarse erróneamente. Además, el consumo de maníes podría llevar a una única dosis accidental alta de aflatoxinas más que a una ingesta crónica a un nivel relativamente bajo.

#### Niveles de micotoxinas permisibles en alimentos

Es importante señalar que estas reglamentaciones varían según las normativas que los países o las comunidades de comercialización internacional a las que pertenecen (Unión Europea, Mercosur, etc.). Sin embargo, no existe una legislación internacional al respecto y en algunos países ni siquiera existen normativas vigentes para su control.

Según la FAO, al menos 99 países tenían reglamentos para las micotoxinas en los alimentos y/o en las raciones en el año 2003. La población total en estos países representa aproximadamente 87% de los habitantes del globo. En 1995, el 23% de la población mundial vivía en una región en la que no estaba vigente ningún reglamento conocido para las micotoxinas. Este porcentaje había disminuido al 13% en el año 2003, en razón de un ligero aumento en América Latina y Europa e incrementos más significativos en África y Asia/Oceanía.

La Figura 2 muestra los límites reglamentarios respectivos para diversas micotoxinas en América Latina en los alimentos y en las raciones.

Se sabe que 19 países, que representan el 91% de la población de la región, cuentan con reglamentaciones específicas sobre micotoxinas.

En Venezuela según la FAO 2004, solamente se encuentran reglamentados los niveles máximos de las aflatoxinas B1, B2, G1 y G2 para el maíz, harina de maíz, maníes y manteca de maní (20 µg/kg) y de la aflatoxina M1 para la leche de consumo (0,5 µg/kg) y leche en polvo (5,0 µg/kg).

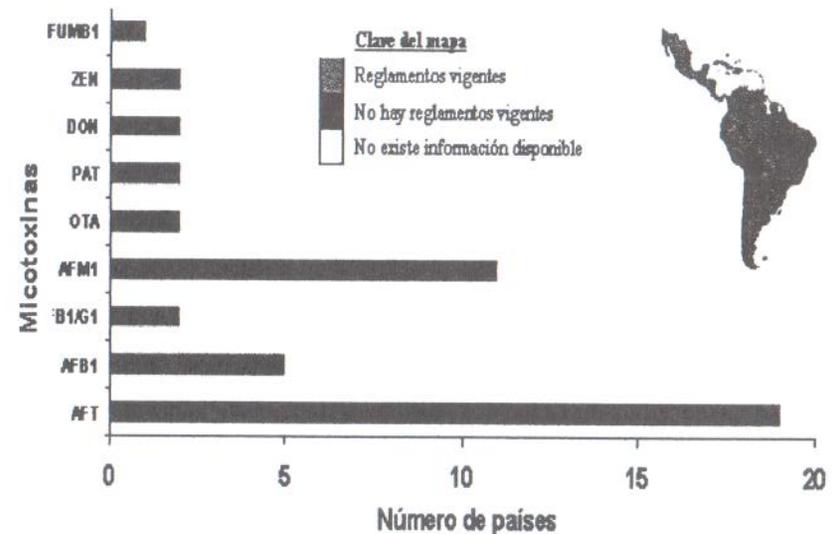


Figura 2. Porcentaje de la población de América Latina con reglamentos para las micotoxinas.

En el Cuadro 3 se muestran los niveles de Micotoxinas encontrados en alimentos y sus niveles permisibles según la División para la Administración de comidas y drogas (FDA) de los Estados Unidos, uno de los principales países suministradores de materias primas para nuestro país, los cuales generalmente son tomados como referencia.

#### Prevención y Control de Micotoxinas

En avicultura, como en otras cadenas de agro alimenticias, se han propuestos diversas estrategias para lograr contrarrestar los efectos de estos

indeseados metabolitos. Entre estas destacan el uso de inhibidores de hongos, incremento de los niveles de proteínas, vitaminas y energía de las dietas; la selección genética, los tratamientos físicos, químicos y biológicos de las materias primas, los cuales en condiciones experimentales han mostrado resultados prometedores sin embargo su aplicación a nivel de granjas de explotación comercial todavía necesitan ser validados.

Cuadro 3: Niveles de micotoxinas† encontrado en alimentos y sus niveles permisibles según la FDA (2004)

Micotoxina	Artículo	Niveles comunes (µg/kg)	Niveles con episodios tóxicos (µg/kg)	Niveles permisibles de la FDA
Aflatoxinas	Maní	2-6	30-125	20 ppb (µg/kg) en alimentos; 0,5 ppb aflatoxina M1 en leche
	Mantequilla de maní	10	14-213	
	Maní azucarado	20	30-230	
	Maíz	>10		
Fumonisina	Productos de maíz	1-12		2 ppm en germen seco de maíz molido; 3 ppm en el maíz para las cotufas; 4 ppm en entero de los productos del maíz, del salvado del maíz y del masa parcialmente desgerminada
	Maíz (de varios países)	30-2.000	>20,000	
Ocratoxina A	Cebada	<3	>25 (Riñón del cerdo)	Ningún nivel es permisible
	Trigo	210-2.900	3.800 (cebada en la República Checa)	
	Maíz	la harina del pan (trazas)		
Patulina	Jugo de manzana	9-146	1.000	50 ppb (µg/kg) En jugo de manzana o alimento que contienen jugo de manzana como un ingrediente
Tricoticonos	Harina de trigo	170-400	38.000	1 ppm para el deoxynivalenol en productos terminados de trigo.
	Harina de maíz	100-400		
	Palomitas de maíz		84,000 (en importaciones)	
	Pan	80		

† Los niveles son sólo de algunos reportes representativos. Los amplios rangos en concentraciones se han reportado especialmente en muestras contaminadas.

Fuente: Sharma, 2004

Últimamente en este sector está cobrando mucha difusión la utilización de sustancias descontaminantes naturales o sintéticas conocidas como secuestrantes, las cuales son capaces de inhibir dichos metabolitos, contrarrestando de este modo la toxicidad de los mismos. Entre estas se encuentran algunas arcillas, y zeolitas de origen volcánico, bentonitas, carbón activado, aluminocilicatos y productos de la pared celular de levaduras (Wyatt, 1991).

El Comité Mixto FAO/OMS de Expertos en Aditivos Alimentarios (JECFA) quienes han evaluado las micotoxinas por diversos años considera que la presencia de mohos y micotoxinas puede reducirse mediante la aplicación de diversas medidas preventivas, tanto antes como después de la cosecha, como por ejemplo, medidas adecuadas de lucha contra plagas y enfermedades y buenas prácticas de cosecha, secado y almacenamiento.

Como lo señalamos al inicio, un modo para afrontar los riesgos asociados con la contaminación de micotoxinas consiste en utilizar un sistema integrado de prevención y control de las mismas. Los programas de análisis de peligros y puntos críticos de control (APPCC) propuesto por la JRCFA, han sido útiles para hacer frente a los riesgos asociados con posible contaminación de productos alimenticios y sustancias químicas tóxicas.

El sistema de APPCC identifica, evalúa y controla los peligros importantes para la inocuidad de los alimentos. Se trata de un enfoque estructurado y sistemático para controlar la inocuidad de los alimentos en la totalidad del sistema del producto, desde el campo hasta la mesa. Requiere un buen conocimiento de la relación entre causa y efecto, con objeto de actuar de forma más dinámica, y es un elemento clave de la Gestión de la Calidad Total (GCT). El sistema de APPCC se basa en la existencia de sistemas de gestión de la calidad sólidamente implantados, como las buenas prácticas de fabricación (BPF), las buenas prácticas de higiene (BPH), las buenas prácticas agrícolas (BPA) y las buenas prácticas de almacenamiento (BPAL) (FAO, 2003).

En el Cuadro 4 se puede observar los posibles pasos para la adopción de programa APPCC para combatir las micotoxinas.

Cuadro 4. Programa de análisis de peligros y puntos críticos de control para combatir las micotoxinas en cereales

Pasos	Alimentos	Riesgo	Acción correctiva
Precosecha	Granos de cereales, oleaginosas, nueces, frutas	Infección con mohos con subsiguiente formación de micotoxinas	Utilizar variedades resistentes para el cultivo Reforzar los programas efectivos contra el control de plagas Mantener adecuados horarios de riego Buenas practicas de labranza, rotación de cultivos, etc.
Cosecha	Granos de cereales, oleaginosas, nueces, frutas	Incremento de la formación de micotoxinas	Tiempos apropiados de cosecha Mantener bajas temperaturas si es posible Remover materiales extraños Secar rápidamente por debajo de 10% de humedad
Poscosecha	Granos de cereales, oleaginosas, nueces, frutas	Incremento y/o presencia de micotoxinas	Proteger los productos almacenados de humedad, insectos, factores ambientales, etc. Almacenar los productos sobre superficies limpias y secas
Poscosecha, procesamiento y manufacturación	Granos de cereales, oleaginosas, nueces, frutas	Contaminación conducida por micotoxinas	Evaluar todos los ingredientes añadidos Monitorear las operaciones de procesamiento y manufacturación para mantener la alta calidad de los productos Seguir buenas practicas de manufacturación
Alimentos para animales	Leche, carne y productos avícolas	Transferencias de micotoxinas a productos lácteos, carnes o productos avícolas	Monitorear los niveles de micotoxinas en los ingredientes del alimento Evaluar residuos de micotoxinas en los productos

Fuente: Park *et al.* (1999)

## CONCLUSIONES

Las micotoxinas representan un peligro latente tanto para la salud humana como animal. Los riesgos asociados a la salud han sido en muchos casos caracterizados no obstante aun no se han precisado los mecanismos por los cuales estas toxinas llegan ocasionar tales daños. La capacidad de difusión y contaminación así como los efectos que aunque en mínimas dosis puedan causar, las hace presentarse como un enemigo silencioso del cual debemos aprender como afrontarlo.

La principal arma para combatir a las micotoxinas la constituye la difusión objetiva de la información a todos los integrantes de las cadenas productivas de alimentos y las consecuentes medidas de prevención y control que se puedan aplicar a lo largo de la misma.

Se debe por otra parte lograr unificar los criterios en materia de normalización de los procedimientos para el muestreo, los análisis para la detección y los niveles permisibles tratando de globalizar el problema de las micotoxinas y las acciones para contrarrestarlo.

No debemos esperar que ocurran hechos lamentables que involucren la vida ya sea humana como animal para empezar a conocer sobre las micotoxinas.

## BIBLIOGRAFIA

- AOAC (Association of Analytical Chemists). 1992. Official Methods of Analysis. 15<sup>ta</sup> ed. Association of Analytical Chemists, Maryland.
- Alvarado C. 2005. Micotoxinas en nutrición animal. Universidad Austral de Chile, Facultad de Ciencias Agrarias. Consultado 17 oct. 2005. Disponible en <http://www.monografias.com/trabajos16/micotoxinas/>
- Burdaspal P. 1998. Aflatoxinas en alimentos. *Alimentaria*, 10: 20-27.
- Calnek B., H. Barnes, C. Beard, W. Reid y H. Yorder. 1995. Enfermedades de las Aves. Editorial Manual Moderno, Mexico.

- Carabaño C. y C. Silva. 1998. Efectos de las aflatoxinas sobre el comportamiento productivo de los pollos de engordes. I Jornadas avícolas Grupo Monaca. La Victoria.
- Díaz G. 2005. Micotoxinas y micotoxicosis de importancia en salud humana en Colombia. Memorias IX Congreso Nacional de Avicultura. Federación Nacional de Avicultura. Caracas, Mayo 11 – 14. CD Rom.
- FAO 2003. Manual sobre la aplicación del Sistema de Análisis de Peligros y de Puntos Críticos de Control (APPCC) en la prevención y control de las micotoxinas. Estudio FAO Alimentación y Nutrición N° 73, Roma. Italia.
- FAO 2004. Reglamentos a nivel mundial para las micotoxinas en los alimentos y en las raciones en el año 2003. Estudio FAO Alimentación y Nutrición. N° 81. Roma, Italia.
- FDA (Food and Drug Administration). 2004. Compliance program guidance manual. Chapter 7. Molecular Biology and Natural Toxins. Mycotoxins in domestic foods. p.4.
- Gimeno A. 2005. Aflatoxina M1 en la leche. Riesgos para la Salud Pública, Prevención y Control. Disponible en [http://www.engormix.com/aflatoxina\\_m1\\_leche\\_riesgos\\_s\\_articulos\\_37\\_2\\_MYC.htm](http://www.engormix.com/aflatoxina_m1_leche_riesgos_s_articulos_37_2_MYC.htm)
- Jaramillo 2005. Aditividad, sinergismo y antagonismo entre micotoxinas y sus efectos en pollos de engorde. Resúmenes. XIX Congreso Latinoamericano de Avicultura. Asociación Latinoamericana de Avicultura. Panamá, Octubre 4-7, 2005. p 15.
- Jurado R. 1989. Toxicología Veterinaria. 2<sup>da</sup> Ed. Salvat. Madrid, España.
- Kuiper-Goodman T., P.M. Scott y H. Watanabe. 1987. Risk assessment of the mycotoxin zearalenone. Regulatory Toxicology and Pharmacology, 7: 253-306
- Kuiper-Goodman T. 1994. Prevention of human mycotoxicoses through risk assessment risk management. En Miller J.D. y H.L. Trenholm (Eds)

- Mycotoxins in Grain, Compounds other than Aflatoxin. Eagan Press, St. Paul, MN. pp. 439-469.
- Lesson A., G. Díaz y J.D. Summers. 1995. Poultry Metabolic Disorders and Mycotoxins. Univ. Guelph. Ontario, Canadá.
- Martínez A., G. Weng y D. Park. 1993. Descontaminación de maíz contaminado con aflatoxinas por el proceso de amoniación. Acta Cient. Ven., 44 (Supl. 1): 308.
- Mazzanni C. 1998. Hongos asociados a granos de sorgo almacenados en Venezuela y su control con propianato de amonio en el laboratorio. Fisipol. Venez., 1:54.
- OPS (Organización Panamericana de la Salud). 1983. Criterio de Salud 11. Micotoxinas. Publicación Científica N° 453.
- Osuna O. 1989. Control de las micotoxicosis en el campo avícola. Memorias "Curso de Actualización sobre Micotoxicosis Aviar" ANECA, México. pp. 82-89.
- Park D.L., H. Njapau y E. Boutrif. 1999. Minimizing risks posed by mycotoxins utilizing the HACCP concept. J. Food Nut. Agri., 23: 49-56
- Reddy A.R., V.R. Reddy, P.V. Rao y B. Yadagri. 1982. Effect of experimentally induced aflatoxicosis on the performance of commercial broiler chickens. J. Anim. Sci., 52:405-410
- Saume E. y F. Requena. 2005. Efecto del consumo de Aflatoxina B1 sobre el sistema inmune de pollos de engorde. XIX Congreso Latinoamericano de Avicultura. Asociación Latinoamericana de Avicultura. Panamá, Octubre 4-7, 2005
- Sharma R.P. 1993. Immunotoxicity of mycotoxins. J. Dairy Sci., 76: 892-897.
- Sharma R.P. 2004. Mycotoxins in the food chain: a look at their impact on immunological responses. Proc. Nutritional Biotechnology in the Feed and Food Industries. 20<sup>vo</sup> Annual Symposium Alltech. pp.306-314.

- Smith T.K. 1982. Influence of mycotoxins on protein and aminoacid utilization. *Federation Proceedings*, 41: 2828-2832.
- Whitlow L. y W. Hagler. 2002. Mycotoxin contamination of feedstuffs. An additional stress factor for dairy cattle. North Carolina State University. Department of Animal Science. Disponible en línea. [http://www.cals.ncsu.edu/an\\_sci/extension/dairy/mycoto~1.pdf](http://www.cals.ncsu.edu/an_sci/extension/dairy/mycoto~1.pdf)
- Wood E. 1992. Mycotoxins in food and feeds in the United States. *J. Anim. Sci.*, 70: 3941-3949
- Wyatt R. 1998. Genetic resistance in chicken to aflatoxin. *Poultry Sci.*, 48: 425-428.
- Wyatt R. 1991. Absorción de las micotoxinas de la dieta mediante compuestos químicos. *Avicultura Profesional*, 8(4): 151-153.