

AFLATOXINAS

UNA AMENAZA PARA LA SALUD Y LA ECONOMIA*

Ligia Delacruz de Montoya**

1. RESUMEN

El objetivo de esta revisión es introducir al lector en diversos aspectos relacionados con el problema de las aflatoxinas y los peligros que representa su presencia en alimentos, tanto para la salud humana y animal, como para la economía nacional; además se discuten las condiciones necesarias para su producción y los niveles de tolerancia establecidos en diferentes países, como medida de control. Finalmente, se incluyen algunas recomendaciones sobre aspectos de estudio y trabajo en el área de las aflatoxinas, que deben ser atendidos en el país.

2. INTRODUCCION

Aunque hace bastante tiempo se conoce el hecho de que algunos hongos microscópicos ocasionan cambios indeseables en los productos alimenticios, el interés por el estudio de las micotoxinas se vió estimulado solamente a partir de la década de los sesenta, con el descubrimiento de las aflatoxinas como los compuestos más hepatotóxicos y hepatocarcinogénicos conocidos. Este hallazgo incrementó las investigaciones sobre las toxinas producidas por hongos y sus efectos sobre la salud humana y animal, así como la forma de prevenir la contaminación micótica de los alimentos.

Algunas especies de hongos de los géneros *Aspergillus*, *Penicillium*, *Fusarium* y otros, se desarrollan en plantas y productos agrícolas, bajo ciertas condiciones de temperatura y humedad y producen sustancias tóxicas (micotoxinas), causantes de enfermedades agudas o crónicas (micotoxicosis) y pérdidas económicas en la producción agropecuaria.

Otro aspecto importante del problema es la retención parcial de las micotoxinas en los tejidos de los animales que las consumen, lo cual genera otra fuente de contaminación para el hombre.

En Colombia aunque se han registrado casos de procesos infectivos y de deterioro de alimentos por hongos, esta información y la de niveles de micotoxinas encontrados son apenas parciales, al igual que la frecuencia de su presencia natural. Estos datos insuficientes no han permitido establecer la magnitud del problema que puede alcanzar proporciones alarmantes dentro de la población humana y animal. Además solamente se han determinado niveles de tolerancia de aflatoxina B₁ para un pequeño grupo de productos y no se han establecido programas de control de calidad en este sentido.

3. DEFINICION Y CARACTERIZACION.

Las aflatoxinas son un grupo de micotoxinas de estructura química similar, producidas por cepas de *Aspergillus parasiticus* y *Aspergillus flavus* (14, 47); son compuestos cristalinos que emiten intensa fluorescencia cuando son colocados bajo luz U.V.

Existen cuatro aflatoxinas importantes que ocurren como contaminantes naturales de los alimentos, denominadas B₁, B₂, G₁ y G₂ (Figura 1); las letras se refieren al color azul (blue) o verde (green) de la fluorescencia.

La aflatoxina más importante por su frecuencia, a nivel de contaminación natural y por sus propiedades tóxicas superiores a las demás es la B₁ (55). El metabolito más importante de esta toxina es la M₁ (Figura 1), la letra M corresponde al metabolito encontrado en la leche (milk) de vacas después de la ingestión de alimentos contaminados con aflatoxina B₁ (1).

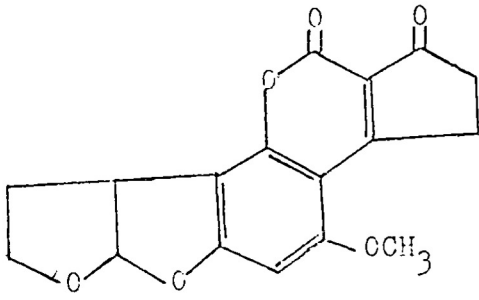
4. ORIGEN DE LAS AFLATOXINAS

4.1. OCURRENCIA NATURAL.

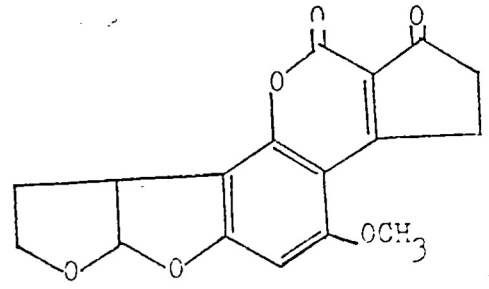
Las aflatoxinas ocurren generalmente en cosechas

* Contribución del Laboratorio Nacional de Control de Insumos Pecuarios del ICA.

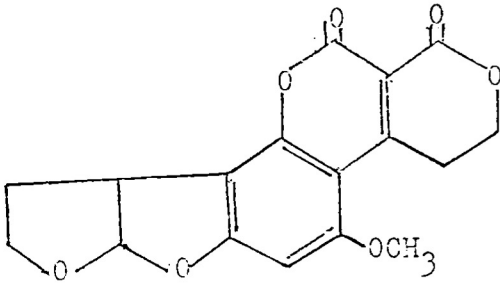
** Químico Farmacéutico, M. Sc. Instituto Colombiano Agropecuario. Laboratorio Nacional de Control de Insumos Pecuarios. Apartado Aéreo 151123, Bogotá.



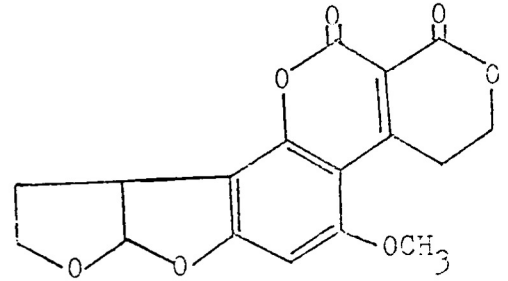
Aflatoxina B₁



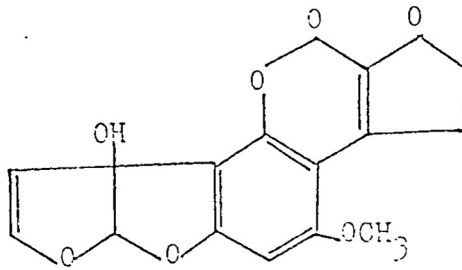
Aflatoxina B₂



Aflatoxina G₁



Aflatoxina G₂



Aflatoxina M₁

Figura 1. Estructura química de las aflatoxinas.

almacenadas de áreas tropicales y subtropicales y muchas veces en países de clima templado, donde existen las condiciones óptimas para su producción. Estas toxinas se han encontrado en una gran diversidad de productos agrícolas, la Tabla 1 registra algunos datos sobre la contaminación de diferentes productos en varios países. Como puede observarse, se han registrado altas concentraciones de aflatoxina en maíz, maní, sorgo y trigo, en algunos casos asociadas con enfermedades y muerte de los animales y el hombre.

También se han encontrado aflatoxinas como contaminantes de avena, soya, cebada, centeno, semillas de algodón y productos derivados de los anteriores, igualmente en frijol, arvejas, cacao, café verde, yuca y algunas especias.

En Colombia, los datos obtenidos han demostrado la presencia de aflatoxinas en diversos productos alimenticios (27, 36, 41). Nuestra experiencia en el Laboratorio Nacional de Control de Insumos Pecuarios, en análisis de muestras procedentes de diferentes regiones del país, permitió detectar en maíz, niveles de contaminación entre 125 - 250 ug/kg y en sorgo entre 33 - 276 ug/kg de aflatoxina B₁ (24, 25).

4.2. FACTORES QUE REGULAN EL CRECIMIENTO DEL HONGO Y LA PRODUCCION DE AFLATOXINAS.

Los hongos productores de aflatoxinas son constituyentes normales de la microflora del suelo y sus es-

poras pueden ser transportadas a través del aire. Entre sus cepas existe una amplia variación en cuanto a su habilidad para acumular toxinas y en algunos casos no se detecta producción (5, 57), lo cual indica que el crecimiento del hongo no implica necesariamente la formación de aflatoxinas.

El ataque de los hongos y la acumulación de toxinas también pueden ocurrir bajo condiciones de campo, pero se presentan principalmente durante el período de almacenamiento, cuando los productos están expuestos a la acción de diversos factores que favorecen el desarrollo de los hongos y la síntesis de aflatoxinas en condiciones naturales.

4.2.1. Factores Físicos.

Los principales factores que regulan la tasa de formación de aflatoxinas y el crecimiento del hongo productor son: el contenido de humedad del sustrato, la humedad relativa del aire (HR) y la temperatura.

Los experimentos de laboratorio han revelado que el límite inferior de HR para el desarrollo de los hongos y la síntesis de aflatoxinas en sustratos naturales está entre 80 - 85%; Diener y Davis (15) afirman que el valor óptimo está entre 85 - 90%. El contenido mínimo de humedad del sustrato, necesario para la síntesis de las toxinas, o contenido crítico de humedad, depende del sustrato en sí, pero Awstick y Ayerst (4), indican que este valor puede establecerse como el contenido de humedad del sustrato en equilibrio con

TABLA 1. Niveles de aflatoxina B₁ encontrados en maní y cereales de varios países.

Producto	País	% contaminado en muestras analizadas	Nivel de aflatoxina ug/kg	Referencias
Maní	Estados Unidos	28,0	6 - 3.700	(42)
	Brasil	12,5	40 - 1.040	(19)
	Tailandia	49,0	12.256 ^a	(50)
Maíz	Estados Unidos		80 - 8.733 ^b	(16)
	Estados Unidos		83 - 101.000 ^c	(20)
	Estados Unidos		10.000 ^c	(50)
	Australia		320.000 ^d	(10)
	India		6.250 - 15.600 ^e	(30)
	Tailandia	35,0	400 ^f	(50)
	Filipinas	97,0	213 ^f	(9)
	Brasil	4,7	190 - 2.000	(19)
	Colombia	100,0	20 - 120	(36)
	Colombia	33,0	125 - 250	(24)
Sorgo	Uganda	38,0	1 - 1.000	(3)
	Australia		8.000	(10)
	Colombia	7,8	20 - 30	(27)
	Colombia	22,0	33 - 276	(25)
Trigo	URSS	17,5	10 - 333	(33)

a Aflatoxinas B₁, B₂, G₁ y G₂

b Asociado con muerte en cerdos

c Asociado con aflatoxicosis en aves

d Asociado con aflatoxicosis en cerdos

e Muestras tomadas en una región donde hubo muchas pérdidas humanas

f Valor promedio

una humedad relativa del 80%, lo cual correspondería a un nivel de humedad de 13,5 - 15,5% en los cereales, 7 - 8% en semillas y frutos de oleaginosas y 12 - 16,5% en productos como alverjas, frijol, lentejas y soya.

Los contenidos críticos de humedad como limitantes de la formación de aflatoxinas, no aseguran la conservación del producto durante el almacenamiento, puesto que el desarrollo de otras especies de hongos y sus reacciones de fermentación y respiración, acompañadas de desprendimiento de calor y aumento de los niveles internos de humedad, pueden resultar en la creación de condiciones favorables para el crecimiento de *A. flavus* y *A. parasiticus* y síntesis de aflatoxinas.

Es importante anotar que bajo condiciones de almacenamiento los contenidos de humedad del sustrato pueden llegar a sobrepasar los valores mínimos para el desarrollo del hongo y acumulación de toxinas en los siguientes casos:

- Cuando se cosechan y almacenan granos y semillas de alto contenido de humedad.
- Por humedecimiento secundario debido a la precipitación o condensación de vapores de agua.
- Como resultado de difusión térmica y de humedad en pilas de grano parcialmente seco causado por los gradientes de temperatura.
- Como resultado de la actividad vital de los microorganismos al incrementar el contenido de humedad y la temperatura de un producto parcialmente seco.
- Por falta de aireación del producto almacenado en pilas grandes o en elevadores.

En lo concerniente a la temperatura, se ha establecido que el crecimiento del hongo y la formación de aflatoxinas ocurren entre 12 - 42°C; Northolt y colaboradores (39, 40) consideran que el intervalo óptimo de producción está entre 24 y 31°C. Las desviacio-

nes que puedan presentarse dependen del sustrato, de la cepa y de las condiciones específicas del cultivo.

Desde el punto de vista práctico, es importante notar el tiempo mínimo requerido para la formación de aflatoxinas, la cual se ha registrado entre 24 - 48 horas después de hacerse un cultivo de cepas toxigénicas en medio sintético y granos esterilizados en autoclave. En un experimento bajo condiciones industriales, Calderwood y Schroeder (8) observaron que la producción de aflatoxinas en arroz, recientemente cosechado, ocurrió después de 2 - 3 días de almacenamiento en silos aireados. En maní, Dickens y Pattee (13) detectaron las toxinas después de 48 horas de almacenamiento con aireación adecuada. Spicher (54) encontró que el período de formación en trigo fue de 4 - 8 días. L'Vova y colaboradores (34) determinaron que el tiempo requerido en granos de trigo bajo condiciones óptimas fue de 2 - 3 días y con restricciones de humedad y temperatura, este período se extendió entre 6 - 45 días.

4.2.2. Factores Químicos.

La composición del sustrato, el valor del pH del medio y la constitución del gas atmosférico, son los factores químicos más importantes que regulan la tasa de síntesis de aflatoxinas y el crecimiento del hongo productor.

Como se anotó anteriormente, la formación de aflatoxinas en condiciones naturales, ocurre en una gran diversidad de sustratos y depende fundamentalmente del contenido de humedad y de las condiciones ambientales.

Sin embargo, en experimentos de laboratorio, Dierner y Davis (16), Hesseltine y colaboradores (23) y Marsh y colaboradores (35), encontraron que la tasa de producción de aflatoxinas está estrechamente relacionada con los componentes químicos del sustrato.

La Tabla 2 presenta algunas fuentes de nitrógeno, carbono y minerales, que tienen efectos estimulantes o inhibitorios de la síntesis de aflatoxinas.

TABLA 2. Constituyentes del sustrato que estimulan o inhiben la síntesis de aflatoxinas*.

Efecto	Minerales traza	Sales	Carbohidratos	Aminoácidos	Otros
Estimulante	Zn	KH ₂ PO ₄ (NH ₄) ₂ SO ₄	Sacarosa	Asparagina	Extracto malta Peptona
	Fe		Fructosa	A. Asparagínico	
	Mo		Glucosa	Glicina	
	Cd		Almidón	I-Glutamina	
			Manosa		
	Galactosa				
	Glicerina				
Inhibitorio	Mn	KNO ₃	Sorbosa	L-Alanina	
	Cu		Maltosa	Metionina	
	B		Lactosa	Leucina	
	Ba				

* (16, 23, 35)

En relación al pH del sustrato, los hongos productores de aflatoxinas son sensibles al grado de acidez del medio y crecen en un intervalo que va de 2,5 - 8. Buchanan y Ayers (7) afirman que la tasa óptima de acumulación de las toxinas se registra a un pH entre 4 - 7.

En cuanto a la composición del gas atmosférico, los resultados obtenidos en diferentes ensayos realizados por Diener y Davis (16) y Shih y Marth (51), indican que el uso de atmósferas controladas con altos niveles de CO₂, 80 - 100%, inhibe la síntesis de aflatoxinas, Wilson y Hay (58) observaron que la tasa de acumulación de estas toxinas en maíz de alto contenido de humedad, fue menor bajo diferentes atmósferas controladas, que en presencia de aire, aunque el desarrollo de los hongos no se inhibió en ninguno de los casos estudiados. El efecto de la composición de la atmósfera también depende de la temperatura.

Así, para prevenir la síntesis de aflatoxinas pueden usarse atmósferas controladas con un alto contenido de CO₂ o atmósferas de gas inerte para almacenamiento provisional de productos con un alto contenido de humedad (58, 59). También se ha propuesto el uso de tales condiciones para el almacenamiento y transporte de frutas (53).

4.2.3. Factores Biológicos.

Las particularidades biológicas de las cepas productoras de aflatoxinas y las relaciones microbiológicas entre las diferentes especies de hongos, son los factores biológicos involucrados en la síntesis de aflatoxinas.

La condición indispensable para la formación de toxinas es la contaminación de los sustratos con cepas toxigénicas. La capacidad del hongo para producir aflatoxinas es muy variable y depende principalmente del producto agrícola y de las condiciones ambientales de las áreas cultivadas. En un reconocimiento realizado por Schroeder y Boller (49) en una misma zona, se encontró que el 98% de las cepas aisladas de maní eran toxigénicas, mientras que en arroz solamente el 18% tenía esa capacidad.

Con respecto a las relaciones microbiológicas es importante anotar que los productos almacenados representan un complejo sistema ecológico, en el cual los microorganismos son unos de los principales consumidores de materia orgánica y cada especie ocupa un lugar de acuerdo a sus requerimientos en cuanto a sus necesidades fisiológicas y a las condiciones ambientales. Las relaciones entre las diferentes especies de hongos que ocupan el mismo ecosistema, pueden ser entre otras de antagonismo y sinergismo.

Wildman y colaboradores (57) encontraron que cuando el *A. flavus* era cultivado con varias especies de *Penicillium*, la producción de aflatoxinas se reducía. Boller y Schroeder (6) observaron relaciones similares entre *A. parasiticus* y *A. chevalieri*.

Denizel y colaboradores (12) notaron que a una humedad relativa del 83% se presentaba antagonismo entre *A. flavus* y *A. niger*, con aumento de la producción de aflatoxinas.

Moss y Badii (38) estudiaron el efecto sinérgico del *P. rubrum* sobre el *A. parasiticus*, mediante el cual se incrementó la producción de aflatoxinas en maíz que se inoculó con los dos hongos.

Schroeder y Boller (49) señalan que la tasa de formación de aflatoxinas puede ser afectada por la prevalencia de las cepas capaces de producir grandes cantidades, sobre las de escasa producción.

Además de todos los factores físicos, químicos y biológicos anotados, es importante considerar el daño mecánico ocasionado durante la cosecha y el producido por insectos y pájaros a semillas y granos en el campo, como también las impurezas orgánicas e inorgánicas que se encuentran mezcladas con los productos almacenados, como coadyuvantes a la invasión de los hongos y a la acumulación de aflatoxinas.

5. PELIGROS DE LAS AFLATOXINAS COMO CONTAMINANTES ALIMENTICIOS.

5.1. ASPECTOS TOXICOLÓGICOS.

Las aflatoxinas han mostrado ser agudamente tóxicas en la mayoría de las especies animales. La más estudiada de todas ha sido la B₁.

Las aflatoxinas son potentes hepatotóxicos y hepatocarcinogénicos en animales experimentales; Schlatter (48) afirma que la B₁ es más potente que su derivado la M₁.

De acuerdo a Pier (43), los efectos biológicos de las aflatoxinas pueden agruparse en cuatro categorías generales: daño hepático agudo y crónico, disminución de la tasa de crecimiento, deterioro de los mecanismos de defensa inmunológicos y finalmente efectos carcinogénicos y teratogénicos.

La ingestión de alimentos contaminados con aflatoxinas B₁ también se ha asociado con daño hepático en el hombre. Según la Organización Mundial de la Salud (56), los datos epidemiológicos disponibles de algunas áreas del Africa y Asia Suroriental, confirman la asociación positiva de la ingestión de aflatoxina B₁ con cáncer hepático en el hombre, en países como Tailandia, Kenya, Mozambique y Swazilandia. Harwig y colaboradores (22) sugieren que hay indicios del papel de dicha toxina en la etiología del síndrome de Reye en niños, el cual se caracteriza por encefalopatía, acompañada de degeneración grasa de las vísceras.

En salud animal se ha relacionado el consumo aumentado de aflatoxina B₁ en aves, vacunos y cerdos, con una mayor propensión a las enfermedades, por menoscabo de los mecanismos de resistencia (44,21).

Es de especial interés considerar el problema de la transmisión de las aflatoxinas al hombre, a través de los animales domésticos (especies comestibles), la mayoría de los cuales metaboliza la toxina rápidamente, pero ésta puede permanecer en concentraciones relativamente bajas en tejidos de ovejas, cerdos y aves (2, 32, 37), en huevos (46), como también en la leche, principalmente en forma de aflatoxina M₁ (1).

5.2. CONSIDERACIONES ECONOMICAS.

En general, cuando se trata de analizar las implicaciones económicas debidas a la contaminación de los alimentos con aflatoxinas, la información disponible es muy limitada y con frecuencia no está acompañada de datos cuantitativos. No obstante, el examen conjunto de algunos antecedentes puede dar una idea de la naturaleza y la magnitud de las pérdidas ocasionadas. Es importante tener en cuenta la susceptibilidad a la contaminación que presentan los cultivos y productos de importancia económica para el país.

Las pérdidas comerciales más frecuentemente cuantificadas son las relacionadas con la pérdida del producto en sí, por el deterioro sufrido, como también por el rechazo en el mercado internacional.

De acuerdo a los datos presentados en la conferencia de Micotoxinas en Nairobi (1977), las pérdidas mundiales de productos agrícolas debidas a invasión por hongos alcanzan a: 4,2% en maní, 3% en maíz, 12% en semillas oleaginosas (excluyendo el maní), 5% en arroz y 3% en soya, con un valor total estimado en 16 billones de dólares anuales. A nivel mundial, más de 1.000 millones de toneladas de las principales cosechas son susceptibles de infección por hongos y acumulación de micotoxinas (17).

Entre los años 1971 - 1975, el Japón importó 600.000 toneladas de maní, de las cuales el 0,1% fueron rechazadas y quemadas por estar contaminadas con aflatoxinas, lo cual ocasionó una pérdida de más de 100.000 dólares al exportador (17).

En Europa muchos países han disminuido y en algunos casos suspendido las importaciones de maní y sus subproductos de diversa procedencia. Dinamarca, por ejemplo, canceló sus importaciones desde 1970, cuya demanda era de aproximadamente 100.000 toneladas anuales, lo que equivaldría aproximadamente a 100 millones de coronas danesas.

El Consejo para la Ciencia Agrícola y tecnología (11) cita pérdidas en maíz del sureste de los Estados Unidos, las cuales fueron estimadas por el FDA en 258,98 millones de dólares correspondientes al valor del 26% de la producción que estaba contaminada con aflatoxinas y no pudo ser utilizada en alimentación humana o animal.

El mismo autor reporta pérdidas en maíz contaminado de Carolina del Norte, en los Estados Unidos, hasta por 32 millones de dólares, discriminadas así: 16 millones en maíz que no se pudo utilizar, 8 millones por reducción en el precio y el resto gastos de almacenamiento, secado extra, análisis de aflatoxinas, etc.

Las pérdidas por mortalidad animal o por disminución de la eficiencia alimenticia debidas a la contaminación de los alimentos con aflatoxinas, son difíciles de evaluar en términos económicos. La industria avícola americana calcula sus pérdidas, tanto por mortalidad animal, disminución de la ganancia de peso y reducción de la eficiencia alimenticia, en 100 millones de dólares anuales (11).

En Colombia de acuerdo a Riveros (45) se han cal-

culado las pérdidas de post-cosecha para algunos productos agrícolas así: 4,55% en arroz, 7,3% en frijol, 5% en maíz, 7% en soya y 5,1% en trigo, lo que representa un total de 1.260 millones de pesos y se atribuye principalmente a deterioro por mal manejo durante la recolección, transporte y almacenamiento de los productos.

Además, aunque se han registrado casos de aflatoxicosis en aves (18), no se ha establecido en términos económicos el valor de las pérdidas ocasionadas por la acumulación de aflatoxinas en los alimentos.

Según Kravchenko (29) las pérdidas económicas debidas a la contaminación por micotoxinas, pueden resumirse de la siguiente manera:

- Pérdidas directas en los alimentos de consumo humano y animal.
- Pérdidas por mortalidad y bajas tasas de crecimiento animal, como también por el incremento de la susceptibilidad a enfermedades infecciosas.
- Costos de hospitalización y tratamiento médico de la población humana afectada.
- Costos de los sistemas para el control de la contaminación.
- Costos de detoxificación para recuperar un producto aceptable.
- Pérdidas de los mercados de exportación.

6. NIVELES DE TOLERANCIA ESTABLECIDOS EN VARIOS PAISES.

Los riesgos para la salud humana y animal y las pérdidas económicas relacionadas con la contaminación causada por aflatoxinas en los alimentos y piensos, han llevado a varios países a establecer y aplicar programas de regulación tanto de productos nacionales como importados (31).

La aflatoxina es la única micotoxina regulada actualmente por leyes y reglamentos nacionales en diferentes países y para tal efecto se han establecido niveles de tolerancia (Tabla-3):

En países como Estados Unidos, Japón, Malasia, Países Bajos, Polonia, Suecia y Suráfrica se incluyen en el control todos los alimentos de consumo humano y animal; en Alemania, Canadá, Dinamarca, Gran Bretaña, Italia, Malawi, Noruega y Rodesia, son objeto de control los alimentos más frecuentemente contaminados, como las semillas oleaginosas. Otros países como Bélgica, Brancia e Israel regulan solamente los piensos; finalmente, Brasil, India y Malawi han establecido tolerancias para productos destinados a la exportación.

En países como Bélgica, Dinamarca, Francia, Gran Bretaña e Italia, pueden aplicarse los límites establecidos por la Comunidad Económica Europea (17).

TABLA 3. Límites de tolerancia para aflatoxinas establecidos en varios países*.

País	Producto	Nivel máximo de aflatoxinas, ppb
Alemania Occidental	Nueces comestibles y subproductos	10 ^a 5 ^b
Australia	Maní y subproductos Otros alimentos	15 ^b 5 ^b
Bélgica	Todos los alimentos de consumo animal	40 ^b
Brasil	Torta de maní (exportación)	50 ^b
Canadá	Nueces y subproductos	15 ^a
Colombia	Tortas de semillas y frutos de oleaginosas	20 ^b
Dinamarca	Maní y subproductos	10 ^a
Estados Unidos	Maní de confitería Los demás alimentos de consumo humano y animal	20 ^a 20 - 25 ^a
Francia	Alimentos para animales	700 ^b
Gran Bretaña	Maní de confitería Torta de maní (consumo animal)	50 ^b 0 - 500 ^b
India	Todos los alimentos de consumo humano Harina de maní (consumo humano) Torta de maní de exportación (consumo animal)	30 ^b 120 ^b 60 - 120 ^b
Israel	Todos los alimentos de consumo animal	20 ^b
Italia	Maní (importación)	50 ^b
Japón	Todos los alimentos de consumo humano y animal	0
Malasia	Todos los alimentos de consumo humano y animal	0
Malawi	Maní	5 ^b
Noruega	Tortas de semillas oleaginosas	600 ^b
Países Bajos	Maní y subproductos Alimentos de consumo humano y animal	0 5 ^b
Polonia	Todos los alimentos de consumo humano y animal	0
Rodesia	Maní Alimentos para animales	25 ^b 50 - 400 ^b
Singapur	Todos los alimentos de consumo humano y animal	0
Suecia	Todos los alimentos de consumo humano y animal	5 ^a
Suiza	Maní tostado	6 ^a 1 ^b
Sur África	Todos los alimentos de consumo humano y animal	10 ^a 5 ^b

* Tomado de FAO (17), Jones (28) e ICONTEC (25)

a Aflatoxinas totales

b Aflatoxina B₁

Para la determinación de los niveles de tolerancia, los países han empleado diferentes criterios: en Bélgica, Dinamarca, Japón, Malawi, Polonia y Suecia, se ha tomado como base la sensibilidad del método analítico empleado. En otros casos los límites se establecieron con el objeto de mantener los niveles de aflatoxina lo más bajos posible. En el caso de la India, la tolerancia para alimentos de consumo humano se determinó siguiendo la recomendación del Grupo Consultivo sobre Proteína de la FAO/WHO/UNICEF. Las elevadas concentraciones permitidas para ciertos productos, en algunos países, se refieren a las materias primas utilizadas en alimentación animal y se asume que después de su elaboración, el nivel de aflatoxinas en el producto final, será lo suficientemente bajo (31).

Unos pocos países han establecido tolerancias provisionales para otras micotoxinas. La India ha fijado como límite para el cornezuelo en el sorgo el 0.5%; Suecia ha determinado un nivel máximo de 50 mg/kg para la patulina en el jugo de manzana (17).

Actualmente, algunos países tienden a reglamentar otras micotoxinas, como la ocratoxina A, la zearaleona y los tricotecenos.

En Colombia se han fijado niveles de tolerancia de aflatoxina para las tortas de semillas y frutos de oleaginosas (26).

7. CONCLUSIONES

En vista de la amenaza que representa para el homi-

bre y la economía agropecuaria, la presencia de aflatoxinas en los productos alimenticios, se hace prioritario intensificar en el país, estudios que permitan obtener información acerca de su ocurrencia natural e incidencia en la salud humana y animal.

Además, es importante reconocer los factores que regulan la síntesis de aflatoxinas bajo condiciones naturales, con el fin de elaborar estrategias de control en todas las etapas de producción, almacenamiento y procesamiento de los alimentos, mediante la introducción de cambios en los factores que afectan al producto.

Finalmente, es imperioso reunir toda la información posible acerca del problema de las aflatoxinas y proceder a la determinación de los niveles de tolerancia y al establecimiento de programas de control de calidad de los alimentos de consumo humano y animal.

8. SUMMARY

Aflatoxins. A threat for the health and the economy

The objective of this review is to introduce the reader to several aspects related to the aflatoxin problem. The threat to the health and economy is considered. The conditions that lead to aflatoxin production are also reviewed. Finally, the aflatoxin tolerance levels existing in a number of countries as a control measure and the areas of work that need to be developed in Colombia are discussed.

9. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

1. ALLCROFT, R.; CARNAGHAN, R. B. A. Groudnut toxicity of *Aspergillus flavus* toxin (Aflatoxin) in animal products. *Veterinary Records* v. 74, p. 863-864. 1962.
2. -----; ROGERS, H.; LEWIS, G.; NABNEY, J.; BEST, P. E. Metabolism of aflatoxin in sheep: excretion of the 'milk toxin'. *Nature* v. 209, p. 154-155. 1966.
3. ALPERT, M. E.; HUTT, M. S. R.; WOGAN, G. N.; DAVIDSON, C. S. Association between aflatoxin content of food and hepatoma frequency in Uganda. *Cancer* v. 28, p. 253-260. 1971.
4. AWSTICK, P. K. C.; AYERST, G. Toxic products in groundnuts. Groundnuts, microflora and toxicity. *Chemistry and Industry (London)* v. 2, p. 55-61. 1963.
5. BOLLER, R. A.; SCHROEDER, H. W. Aflatoxin producing potential of *Aspergillus flavus-orizae* isolated from rice. *Cereal Science Today* v. 11, p. 342-344. 1966.
6. -----; ----- Influence of *A. chevalieri* on production of aflatoxin in rice by *A. parasiticus*. *Phytopathology* v. 63 no. 12, p. 1.507-1.510. 1973.
7. BUCHANAN, R. L.; AYERS, I. C. Effect of initial pH on a flatoxin production. *Applied Microbiology* v. 30 no. 6, p. 1.050-1.051. 1973.
8. CALDERWOOD, D. L.; SCHROEDER, H. W. Aflatoxin development and grade of undried rough rice following prolonged storage in aerated bins. U. S. Agricultural Research Service Publication no. ARS 52-26, 1968. 32 p.
9. CAMPBELL, T. C.; STOLOFF, L. Implications of mycotoxins for human health. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* v. 22, p. 1.006-1.015. 1974.
10. CONNOLE, M. D.; HILL, M. W. M. *Aspergillus flavus* contaminated sorghum grain as a possible cause of aflatoxicosis in pigs. *Australian Veterinary Journal* v. 46, p. 503-505. 1970.

11. COUNCIL FOR AGRICULTURAL SCIENCE AND TECHNOLOGY. AMES, IOWA (U.S.A.). Aflatoxin and other mycotoxins: An agricultural perspective. Council for Agricultural Science and Technology. Ames, Iowa. Report no. 80. 1979. p. 13-17.
12. DENIZEL, T.; ROLFE, E. J.; JARVIS, B. Moisture-equilibrium relative humidity relationships in pistachio nuts with particular regard to control of aflatoxin formation. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. v. 27, p. 1.027-1.034. 1976.
13. DICKENS, J. W.; PATTEE, H. E. The effects of time, temperature and moisture on aflatoxin production in peanuts inoculated with a toxic strain of *Aspergillus flavus*. *Tropical Science* v. 8, p. 11-22. 1966.
14. DIENER, U. L.; DAVIS, N. D. Aflatoxin production by isolates of *Aspergillus flavus*. *Phytopathology* v. 56, p. 1.390-1.393. 1966.
15. -----; ----- . Limiting temperature and relative humidity for growth and production of aflatoxin and free fatty acids by *Aspergillus flavus* in sterile peanuts. *Journal of the American Oil Chemists' Society* v. 44, p. 259-269. 1967
16. -----; ----- . Aflatoxin formation by *Aspergillus flavus*. *En: GOLDBLATT, L. A. Aflatoxin: Scientific background, control and implications*. New York, Academic Press, 1969. p. 55.
17. FOOD AND AGRICULTURAL ORGANIZATION; WORLD HEALTH ORGANIZATION; UNITED NATIONS ENVIRONMENTAL PROGRAM. NAIROBI (KENYA). Aspectos comerciales y económicos. *En: Conferencia Mixta FAO/WHO/UNEP sobre Micotoxinas*. Nairobi, Kenya, FAO/WHO/UNEP. 1977. 30 p. (Documento MYC - 4c)
18. FOOD AND AGRICULTURAL ORGANIZATION. ROMA (ITALIA). Perspective on mycotoxins. Roma, FAO 1979. p. v. (Food and Nutrition Paper).
19. FONSECA, H.; NOGUEIRA, J. N.; GRANER, M.; OLIVEIRA, A. J.; CARUSO, J. G. B.; BORALLI, C.; CALORI, C. A.; KHATOUNIAN, C. A. Natural occurrence of mycotoxins in some Brazilian foods. I. *En: Proceedings of the International IUPAC Symposium on Mycotoxins and Phycotoxins, 50., Vienna, IUPAC, 1982*, p. 122-125.
20. HAMILTON, P. B. A natural and extremely severe occurrence of aflatoxicosis in laying hens. *Poultry Science* v. 50, p. 1.880-1.882. 1971.
21. -----; HARRIS, J. R. Interaction of aflatoxicosis with *Candida albicans*, infections and other stresses in chickens. *Poultry Science* v. 50, p. 906-912. 1971.
22. HARWIG, J.; PRZYBYLSKI, W.; MOODIE, C. A. A link between Reye's syndrome and aflatoxins? *Canadian Medical Association Journal* v. 1, p. 113-281. 1975.
23. HESSELTINE, C. W.; SHOTWELL, O. L.; ELLIS, L. J.; STUBBLEFIELD, R. D. Aflatoxin formation by *Aspergillus flavus*. *Bacteriological Reviews* v. 30, p. 795-805. 1966.
24. INSTITUTO COLOMBIANO AGROPECUARIO. BOGOTÁ (COLOMBIA). Resultados de análisis. Bogotá, ICA, 1982. (Sin publicar).
25. ----- . Diagnóstico sobre aflatoxina B1 en sorgo. Bogotá, ICA, 1983. (Sin publicar).
26. INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TECNICAS. BOGOTÁ (COLOMBIA). Norma Colombiana 770. Alimentos para animales: Tortas de granos o frutos de oleaginosas. Bogotá, ICONTEC, 1981. 9 p.
27. JIMENO, M. DE; RUIZ, N.; PEÑA, N. Niveles de aflatoxina B1 en sorgo recolectado en dos zonas del país. Primera cosecha 1979. *Revista ICA* v. 15 no. 2, p. 129-134. 1980.
28. JONES, B. D. The occurrence of aflatoxins in edible nuts. Sampling and analysis. *En: La contaminazione da micotossine di alimenti, mangimi e foraggi*. Bologna, s. e., 1982? p. 100
29. KRAVCHENKO, L. V. Aflatoxins: Occurrence and evaluation of economic losses due to contamination. *En: Food Contamination with Special Reference to Mycotoxins*. UNEP training course. Moscow - Alma-Ata, 1981. 29 p. (Lecture).
30. KRISHNAMACHARI, K. A. V. R.; BHAT, R. V.; NAGARAJAN, V.; TILAK, T. B. G. Investigations into an outbreak of hepatitis in parts of Western India. *Indian Journal of Medical Research* v. 63, p. 1.036-1.048. 1975.
31. KROGH, P. Mycotoxins Tolerances in Foodstuffs. *Annales de la Nutrition et de l'Alimentation*. v. 31, p.411 - 414. 1977.
32. KROGH, P.; HALD, B.; HASSELAGER, E.; MADSEN, A.; MORTENSEN, H. P.; LARSEN, A. E.; CAMPBELL, A. D. Aflatoxin residues in bacon pigs. *Pure and Applied Chemistry* v. 35, p. 275 - 281. 1973.
33. L'VOVA, L. S.; SOSEDOV, N. I.; GARALL, W.; SCHWARZMAN, M. I.; SHATILOVA, T. I.; SHULGINA, A. P. Formation of aflatoxins in wheat grain induced by self-heating and change in its chemical composition by the development of storage moulds. *Prikladnaya Biochimia i Microbiologia*. v. 12 p. 741-749. 1976.
34. -----; SHATILOVA, T. I.; SHULGINA, A. P. Accumulation of aflatoxins with *Aspergillus flavus* NRRL 2999 and their distribution in milling products. *Prikladnaya Biochimia i Microbiologia* v. 11, p. 559-564. 1975.

35. MARSH, P. B.; SIMPSON, M. E.; TRUCKSESS, M. W. Effect of trace metals on the production of aflatoxins by *Aspergillus parasiticus*. Applied Microbiology v. 30, no. 1, p. 52-57. 1975.
36. MARTINEZ, G. P. DE; ESCOBAR, L. A. DE. Estudios preliminares sobre el problema de aflatoxinas en algunos granos de consumo humano y animal en la ciudad de Medellín. Revista Gallescencia v. 1, no. 1, p. 79-88. 1981.
37. MINTZLAFF, H. J.; LOTZSCH, R.; TAUCHMANN, F.; MEYER, W.; LEISTNER, L. Aflatoxin residues in the liver and muscle of broiler chicken given aflatoxin containing feed. Fleischwirtschaft v. 54, p. 774-778. 1974.
38. MOSS, M. O.; BADII, F. The influence of *Penicillium rubrum* on aflatoxin production by *Aspergillus parasiticus* en maize. En: Proceedings of the International IUPAC Symposium on Mycotoxins and Phycotoxins, 5o., Vienna, IUPAC, 1982. p. 188-191.
39. NORTHOLT, M. D.; EGMOND, H. P. VAN; PAULSCH, W. E. Differences between *Aspergillus flavus* strains in growth and aflatoxin B₁ production in relation to water activity and temperature. Journal of Food Protection v. 40, no. 11, p. 778-781. 1977.
40. -----; VERHULSDONK, C. A. H.; SOENTORO, P. S. S.; PAULSCH, W. E. Effect of water activity and temperature on aflatoxin production by *Aspergillus parasiticus*. Journal of Milk and Food Technology. v. 39, no. 3, p. 170-174. 1976.
41. PEÑA, N.; VILLAMIL, L.; HERRERA, A. I. L. Contaminantes químicos y microbiológicos en muestras de alimentos y materias primas de uso avícola. Revista Acovez v. 6 no. 19, p. 5-14. 1982.
42. PETIT, R. E.; TABER, R. A. Factors influencing aflatoxin accumulation in peanut kernels and the associated mycoflora. Applied Microbiology v. 16, p. 1.230-1.234. 1968.
43. PIER, A. C. Mycotoxins and animal health. Advances in veterinary Science and Comparative Medicine v. 25, p. 185-243. 1981.
44. -----; RICHARD, J. L.; CYSEWSKI, S. J. Implications of mycotoxins in animal diseases. Journal of the American Veterinary Medical Association v. 176, p. 719-724. 1980.
45. RIVEROS, H. Pérdidas post-cosecha en algunos productos agrícolas colombianos. Recopilación de la información disponible a nivel nacional. Bogotá, Instituto de Investigaciones Tecnológicas, 1976. p. v.
46. RODRICKS, J. V.; STOLOFF, L. Food producing animals. En: RODRICKS, J. V.; HESSELTINE, C. W.; MEHLMAN, M. A. Mycotoxins in human and animal health. Park Forest South, I11, Pathotox Publishers, p. 67-69. 1977.
47. SCHINDLER, A. F.; PALMER, I. G.; EISEMBERG, W. V. Aflatoxin production by *Aspergillus flavus* as related to various temperatures. Applied Microbiology v. 15, p. 1.006-1.009. 1967.
48. SCHLATER, C. Past and future in mycotoxin toxicology research. Pure and Applied Chemistry v. 52 no. 1, p. 225-231. 1980.
49. SCHROEDER, H. W.; BOLLER, R. A. Aflatoxin production of species and strains of the *Aspergillus flavus* group isolated from field crops. Applied Microbiology v. 25, p. 885-889. 1973.
50. SHANK, R. C.; WOGAN, G. N.; GIBSON, J. B.; NONDASUTA, A. Dietary aflatoxins and human liver cancer II. Aflatoxin in market foods and foodstuffs of Thailand and Hong Kong. Food and Cosmetics Toxicology v. 10, p. 61-69. 1972.
51. SHIH, C. N.; MARTH, E. H. Aflatoxin produced by *Aspergillus parasiticus* when incubated in the presence of diferent gases. Journal of Milk and Food Technology v. 36, p. 421-425. 1973.
52. SMITH, J. W.; HAMILTON, P. B. Aflatoxicosis in the broiler chicken. Poultry Science v. 49, p. 207-215. 1970.
53. SOMMER, N. F.; BUCHANAN, J. R.; FORTLAGE, R. J. Production of patulin by *Penicillium expansum*. Applied Microbiology v. 28, no. 4, p. 589-593. 1974.
54. SPICHER, G. Some aspects of aflatoxin formation during sealf-heating of cereals. Muehle Mischfuttertechnik v. 14 no. 9, p. 113-116. 1977.
55. STOLOFF, L. Occurrence of mycotoxins in foods and feeds. En: RODRICKS, J. V. Mycotoxins and other fungal related food problems. Washington, American Chemical Society, p. 23-50, 1976. (Advances in Chemistry Series no. 149).
56. WORLD HEALTH ORGANIZATION. GENEVA (SWITZERLAND). Environmental Health Criteria 11. Mycotoxins. Geneva, WHO, 1979. 127 p.
57. WILDMAN, J. D.; STOLOFF, L.; JACOBS, R. Aflatoxin production by a potent *Aspergillus flavus* link isolate. Biotechnology Bioengineering v. 9, p. 429-437. 1967.
58. WILSON, D. M.; HAY, E. Influence of modified atmosphere storage on aflatoxin production in high moisture corn. Applied Microbiology v. 29, p. 224-228. 1975.
59. -----; -----. Effect of a controlled atmosphere storage on aflatoxin production in high moisture peanuts (groundnuts). Journal of Stored Products Research v. 12 no. 2, p. 97-100. 1976.