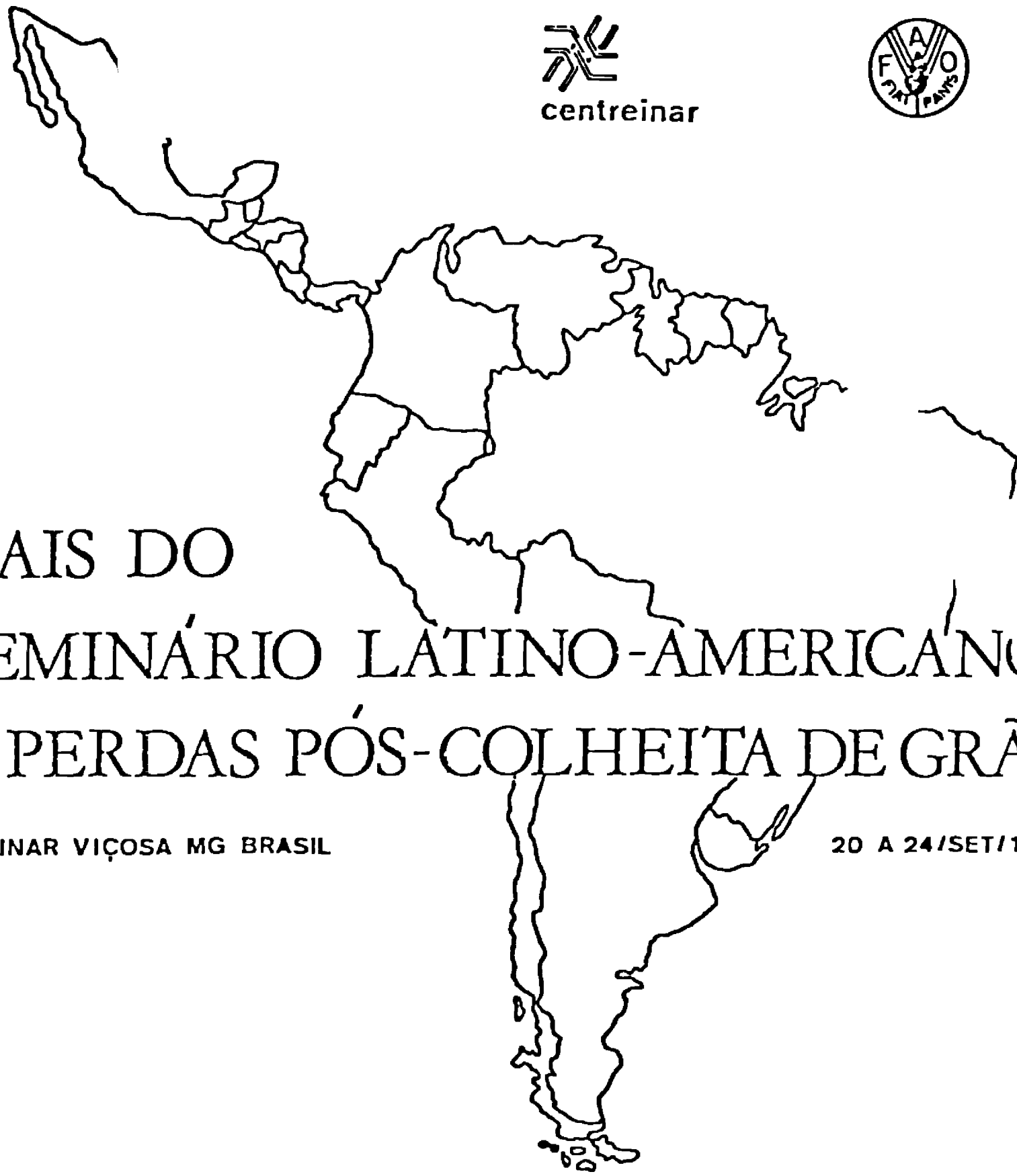
centreinar



ANAIS DO
Iº SEMINÁRIO LATINO-AMERICANO
DE PERDAS PÓS-COLHEITA DE GRÃOS

CENTREINAR VIÇOSA MG BRASIL

20 A 24/SET/1982

GOVERNO BRASILEIRO

SECRETARIA DE PLANEJAMENTO DA PRESIDÊNCIA DA REPÚBLICA
MINISTÉRIO DAS RELAÇÕES EXTERIORES
CONSELHO NACIONAL DE DESENVOLVIMENTO CIENTÍFICO E TECNOLÓGICO

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS PARA ALIMENTAÇÃO E A AGRICULTURA.

MICROORGANISMOS Y MICOTOXINAS EN GRANOS

Ing. Marit de Campos[1/]

En el deterioro de los alimentos están generalmente implicados tres tipos de microorganismos: bacterias, levaduras y hongos. Cada microorganismo tiene para su crecimiento requerimientos específicos en cuanto a oxígeno, nutrientes, humedad y temperatura y por lo tanto las condiciones externas determinan los tipos de microorganismos que van a prevalecer en los alimentos.

Para su crecimiento las levaduras necesitan como mínimo alrededor de 21% de humedad en el sustrato y las bacterias aún más (8). Los cereales, debido a su bajo contenido de humedad, son por esta razón más susceptibles al ataque de mohos que requieren menos humedad que otros microorganismos. Los mohos como contaminantes en granos constituyen un verdadero problema.

Lon hongos, o sea los mohos, son practicamente omnipresentes en el ambiente y la variedad que existe es enormemente grande. Los mohos son todos aerobios, es decir que necesitan de oxígeno para vivir y multiplicarse. Un hongo típico se puede observar en la Figura N.º 1 (8):

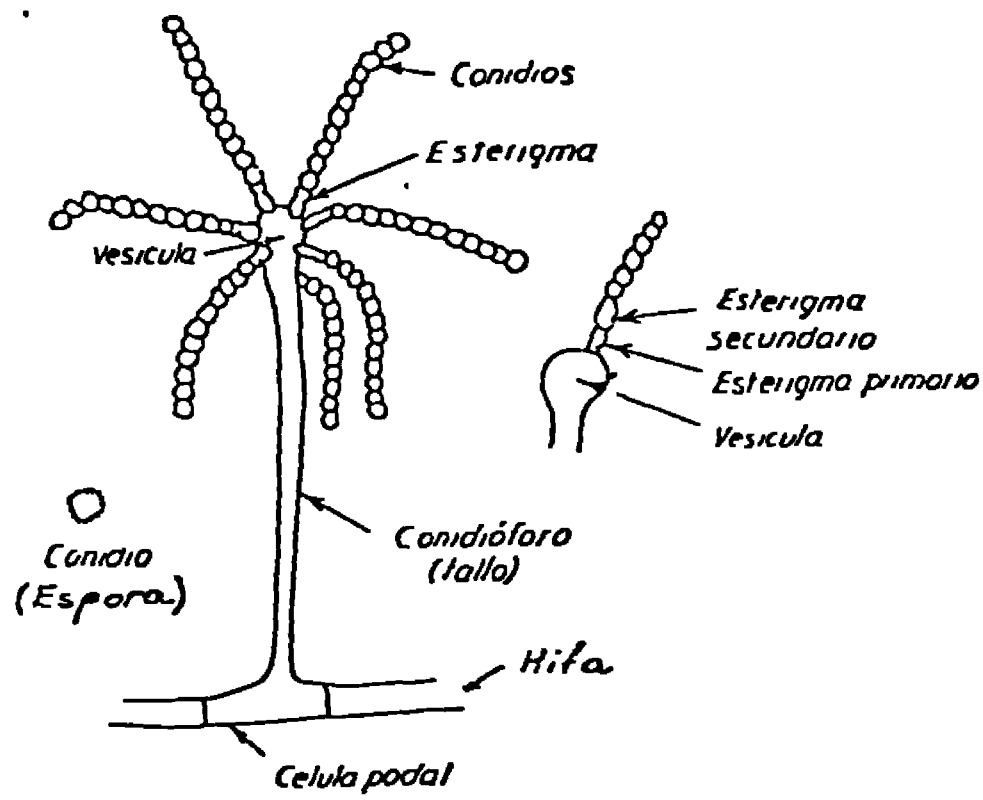


Figura 1 - Diagrama de un *Aspergillus*. Fuente: (Frazier, 1962).

Los mohos están constituídos por unos filamentos ramificados y entrecruzados llamados *hifas* cuyo conjunto forma un *micelio*. Cuando el micelio se está desarrollando, el hongo se vuelve visible al ojo. La morfología, o sea la forma y la estructura macro- y microscópica de los mohos, sirve de base para su identificación y clasificación.

Los mohos se reproducen mediante esporas que son muy resistentes a condiciones adversas como frío, calor, sequedad y falta de nutrientes. Las esporas pueden sobrevivir meses, o aún años, en un lugar o ser transportados por el aire y reproducirse donde encuentran condiciones favorables. Muchos mohos tienen esporas con colores característicos que también ayudan a su iden

---

[1/] Asesora OPS, Laboratorio Unificado de Control de Alimentos y Medicamentos - LUCAM - Guatemala. Publicación: INCAP, E - 1088.

tificación.

Por mucho tiempo se prestó poca atención al estudio de los mohos; sin embargo, en las últimas décadas la importancia de estos microorganismos se ha hecho evidente.

Ya a mediados del siglo pasado se reconoció la asociación entre la ingestión de centeno infectado por el hongo *Claviceps purpura* y las características clínicas del ergotismo (4). El ergotismo, también conocido como "Fuego de St. Antonio", causó la muerte de más de 40.000 personas en Europa durante la Edad Media. La enfermedad causa dolores atroces y se debe a un alcaloide producido por el hongo que puede causar gangrena y caida de los miembros (19).

Otra enfermedad causada por mohos, la "Aleucia Tóxica Alimentaria" (ATA), se reportó en Siberia en 1913. La enfermedad se debe al consumo de cereales mohosos, particularmente trigo y mijo, infectados con ciertos hongos *Fusarium* y cuando quedan a la intemperie durante el invierno (5, 13). Entre 1941 y 1945, años de guerra con poca mano de obra para la cosecha, se produjo una epidemia grave que afectó a 10% de la población en ciertas zonas de la Unión Soviética, causando muchas mortes (5). Los sintomas de la enfermedad, frecuentemente fatal, son, entre otros, leucopenia (disminución del número de leucocitos, inflamación de la piel, predisposición a hemorragias y desgaste de la médula, (13)).

Sin embargo, solo en casos de extrema necesidad el hombre consume alimentos visiblemente contaminados por mohos. Por otro lado, debido a escacez o por razones económicas, estos alimentos se utilizan a menudo para alimentación animal.

MICOTOXINAS

Aunque no haya presencia visible de mohos o cambios de aspecto, olor o sabor en el producto, los cereales pueden de todos modos estar contaminados. Podría pensarse en este caso que la contaminación carece de importancia, pero desafortunadamente no es así. Varios mohos producen micotoxinas, metabolitos que son tóxicos para animales y para el hombre y que a su vez inducen enfermedades denominadas micotoxicosis. Los principales hongos implicados en casos de micotoxicosis pertenecen a los géneros *Aspergillus* y *Penicillium*, pero se encuentran también especies productoras de toxinas en los géneros *Fusarium*, *Mucor*, *Rhizopus* y otros. Ejemplos de hongos *Aspergillus* y *Penicillium* se pueden observar en la Figura N.º 2 (16):

Los *Aspergillus* crecen como un arbol a partir de una célula podal, con sus conidios, o esporas, en forma de palmera. Los conidios en cadena son generalmente verdes, marrones o negros.

Los *Penicillium* tienen micelio ramificado y las cabezas de esporas tienen forma de escoba. En la mayoría de las especies los conidios son verdes al principio y luego se tornan marrones (8).

No todas las cepas de la misma especie de moho son productores de toxinas y por lo tanto la presencia de mohos no implica necesariamente presencia de micotoxinas. Por otro lado, un mismo hongo puede producir diferentes tipos de micotoxinas.

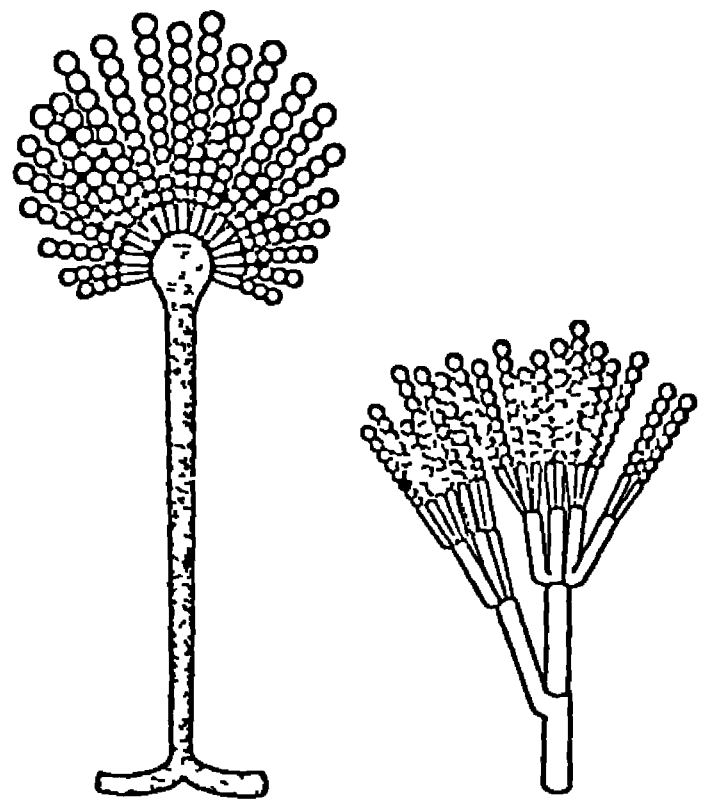
Las micotoxinas son numerosas. Las más estudiadas por ser las más comunes y las más tóxicas, son las aflatoxinas.

AFLATOXINAS

Debido a su ubicuidad y su alta toxicidad, las aflatoxinas se consideran como el grupo más importante dentro de las micotoxinas. Se descubrieron cuando en 1960 alrededor de 100.000 pavos de murieron en Inglaterra por haber ingerido harina de maní contaminada. Las aflatoxinas son producidas principalmente por el hongo *Aspergillus flavus*, del cual se deriva su nombre (Asper-

gillus flavus), y *A. parasiticus*. En menor grado algunos *penicilli* las producen también.

Las fórmulas químicas de las aflatoxinas aparecen en la Figura N.º 3, son compuestos bisfuranocoumarinos muy fluorescentes (10).



Aspergillus glaucus *Aspergillus glaucum*

Figura 2 - Fuente: (Strasburger, 1967).

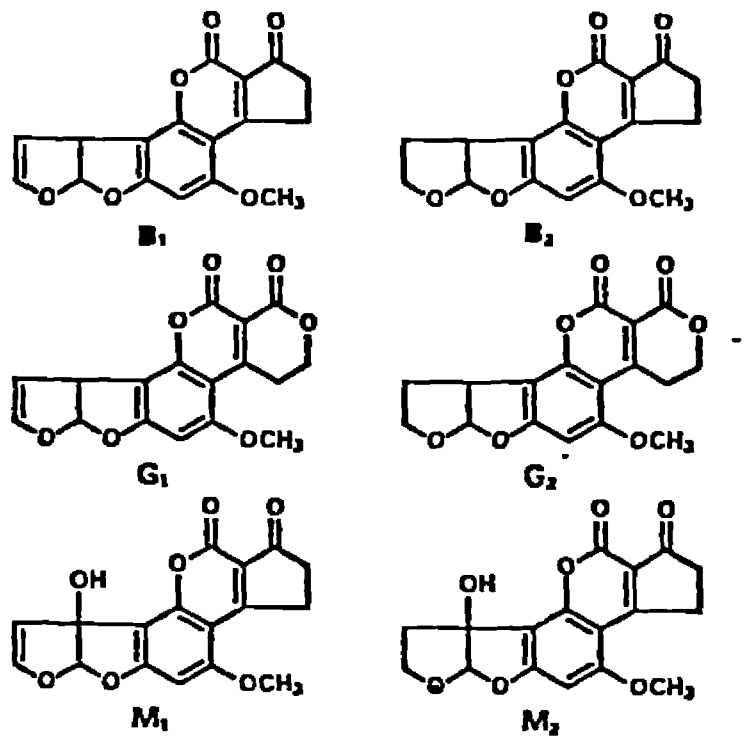


Figura 3 - Fórmula estructural de las aflatoxinas (Goldblatt, 1969).

Las aflatoxinas del reino vegetal se denomina B_1 y B_2, G_1 y G_2; la B_1 es la más común. Las aflatoxinas B tienen fluorescencia azul (B por Blue) y las G verde (G por Green). La fluorescencia de estos compuestos es la base de los métodos de laboratorio para su identificación y cuantificación.

Para detectar tentativamente la presencia de aflatoxinas en maíz se usa el método llamado BGY (Bright Green Yellow): Una fluorescencia verdoso - amarilla brillante en granos partidos, observados bajo luz ultravioleta, indica, aunque con cierto margen de error, la presencia de aflatoxinas (1).

Se encuentran residuos de aflatoxinas en todo tipo de cereales, siendo el maíz especialmente susceptible a la contaminación.

Cuando se iniciaron los estudios sobre las aflatoxinas, se suponía que la contaminación ocurría durante el almacenamiento únicamente. Ahora se sabe que el hongo ataca también en el campo antes de la cosecha. Maíz tierno se contamina con mayor facilidad que maíz sazón, ya que la edad del grano es un factor importante para la contaminación (11).

Otros factores determinantes para el crecimiento de hongos y la formación de aflatoxinas son temperatura, humedad ambiental relativa y humedad del sustrato El crecimiento de *Aspergillus flavus* ocurre entre 12° y 42°C de temperatura, con una temperatura óptima de 27°C para la formación de aflatoxinas. El hongo requiere una humedad relativa de 85% como mínimo y una alta humedad en el sustrato (20). Estas condiciones climatológicas se encuentran fácilmente en muchas regiones de América Latina, indicando que existen condiciones propicias para el desarrollo de aflatoxinas. Bajo condiciones favorables la contaminación de los cereales puede, en un tiempo tan corto como 48 hrs, alcanzar niveles muy altos (15).

Las aflatoxinas son, en muy pequeñas cantidades, tóxicas para hombres y animales. La toxicidad puede ser de tipo crónico o de tipo agudo y la susceptibilidad varía según especie, edad, sexo, estado nutricional, dosis, duración y repetitividad de la ingestión. Se deben considerar también las variaciones individuales dentro de una misma especie (4).

Se han reportado pocos casos de intoxicación aguda en el hombre (15), mientras que en animales este tipo de intoxicación es muy común.

Los primeros síntomas son inapetencia, pérdida de peso y decaimiento y se observan ictericia y hemorragia subcutanea (9, 15, 20). Los principales síntomas y efectos de aflatoxicosis están resumidos en el Cuadro N.° 1.

CUADRO 1 - Síntomas de aflatoxicosis en animales

Inapetencia
Inflamación gastrointestinal aguda
Hinchazón abdominal
Diarrea sanguinolenta o acuosa o Constipación total
Transtornos del sistema nervioso:
a) Ataxia y parálisis o
b) Ataques de locura agresiva
Disturbios urinarios
Infecciones bacterianas secundarias
Aborto
Producción reducida de leche y huevos
Retraso de crecimiento y pérdida de peso
Disminución de la fertilidad masculina
Anemia hemolítica
Coagulación lenta de la sangre
Interferencia con el metabolismo de minerales y vitaminas
Contusiones por rompimiento capilar

Fuente: (Zintzen, 1975).

El daño hepático es el efecto principal, siendo la patología del hígado la más característica y la de más fácil identificación en la mayoría de los casos. El examen *post mortem* reve-

la un hígado graso, pálido y con una necrosis muy marcada (20).

En el Cuadro N.º 2 se ilustra la susceptibilidad de distintas especies de animales a la aflatoxicosis aguda (9).

CUADRO 2 - Susceptibilidad a aflatoxinas

(en orden decreciente)

Hembras preñadas > Machos > Hembras no preñadas

Animales monogastricos > Rumiantes

Animales jovenes > Animales adultos

AVES: Pollitos, Patitos > Pavos > Faisanes jovenes > Pollos, Codornices

MAMIFEROS: Cerdos 3-12 semanas, marranas preñadas > Terneras menores de 8 semanas > Marranas de engorde > Ganado maduro > Ovejas

---

Fuente: (Garza & al., 1978; FAO/OMS/PNUMA, 1977; Zintzen, 1975).

En general, los animales monogástricos son más susceptibles que los rumiantes (21). Un caso especial es el de los terneros que son monogástricos durante las primeras 6-8 semanas de vida y que en esta época son muy susceptibles a las aflatoxinas. Las aves son fácilmente afectadas por aflatoxicosis y las aflatoxinas representan un serio problema en avicultura (9, 21).

Las aflatoxinas se acumulan en el organismo, especialmente en el hígado y, en menor grado, en riñones, músculo y tejido adiposo (20). En animales se ha demostrado que lesiones cancerosas es el efecto crónico de esta acumulación. Las aflatoxinas atacan principalmente al hígado, pero también se han encontrado tumores en otros tejido (15). En la actualidad las aflatoxinas se clasifican entre los agentes carcinogénicos más potentes (12).

En varios países como Uganda, Swazilandia, Thailandia, Kenya y Mozambique, se ha encontrado que también en humanos existe una asociación positiva entre la ingestión de aflatoxinas en la dieta y la incidencia de cáncer hepático, siendo los hombres más susceptibles que las mujeres (20). Las aflatoxinas se han asociado también con hepatitis aguda, cirrosis hepática juvenil y otros daños a nivel de hígado (20).

En vista de los efectos graves que conlleva la ingestión de aflatoxinas, se considera de mucha importancia que en los diferentes países se haga un diagnóstico de la contaminación de alimentos por aflatoxinas para encontrar las areas y los productos más susceptibles. En base de la información recaudada se pueden tomar medidas preventivas, destinadas a disminuir la contaminación. Con este propósito llevamos a cabo en Guatemala, durante la estación seca, un estudio sobre la incidencia y la magnitud de la contaminación en 172 muestras de granos provenientes de regiones con diferentes condiciones climatológicas.

Guatemala, a pesar de ser un país muy pequeño, puede dividirse, según el clima, en tres areas diferentes: la tierra baja de clima tropical con temperatura alta y mucha lluvia, una región arida con mucho calor y muy poca precipitación pluvial y, por fin,, el altiplano con mucha lluvia y temperatura moderada o baja. Los resultados se pueden observar en la Tabla N.º 1 (2).

Se confirmó que granos cultivados y almacenados en áreas con clima tropical son muy susceptibles a contaminación con aflatoxinas. El 27% de las muestras analizadas de esta región estaban contaminadas, mientras que solamente el 2% de las muestras del altiplano con clima templado y húmedo, tenían aflatoxinas. De la región seca y caliente el 6% de las muestras estaban contami

nadas.

En la Tabla N.º 2 (2) están reportados los niveles de aflatoxinas en 190 muestras, incluyendo unas compradas en el mercado de la capital donde no se pudo establecer el origen de las mismas.

TABLA 1 - Aflatoxinas en granos. Clasificación segun el origen de las muestras
(Muestras positivas/Muestras analizadas)

Producto	Región húmeda e caliente	Región húmeda y fria o templada	Región seca y caliente
Maíz	9/47	1/26	1/26
Arroz, con cascara	9/16	0/2	-
Arroz, grano	1/2	-	1/4
Frijol	0/4	0/7	1/17
Café, oro	1/1	-	-
Cocoa, grano	0/1	-	-
Trigo, grano y harina	-	0/10	-
Sorgo	-	0/2	0/4
Ajonjolí	0/3	-	-
Total (%)	20/74 (27%)	1/47 (2%)	3/51 (6%)

TABLA 2 - Aflatoxinas en Cereales. Estación seca, Guatemala
(en ppb: microgramos/kg)

Productos	Muestras analizadas n	Muestras contaminadas n	Muestras contaminadas		
			0-20	> 20	valor max.
Maíz	118	14	10	4	240
Arroz, con cascara	18	9	2	7	83
Arroz, grano	6	2	2		8
Frijol	26	1	.	1	22
Café, oro	1	1	1		8
Cocoa, grano	1	0			
Trigo, grano y harina	10	0			
Sorgo	7	0			
Ajonjolí	3	0			
Total (%)	190	27 (14%)	15 (8%)	12 (6%)	

El 14% de las muestras analizadas estaban contaminadas, porcentaje que se considera elevado. Es importante destacar que la gran mayoría de las muestras fueron recolectadas durante la estación seca, cuando la incidencia y la magnitud de la contaminación es menor que en la época lluviosa.

Como se observa en la tabla, se encontraron aflatoxinas en maíz, arroz, café y frijol, mientras que las muestras de sorgo, cocoa, trigo y ajonjolí no estaban contaminadas.

En el arroz, donde se analizaron muestras sin y con cáscara, se encontraron niveles mucho mayores en las muestras con cáscara que en el grano limpio.

Guatemala adoptó este año el límite de 20 microgramos/kg (ppb, partes por billón) para aflatoxinas totales en maíz, frijol, arroz y sorgo.

La FDA (Food and Drug Administration) en los EEUU utiliza este mismo límite como guía para todos los productos de alimentos y forrajes, exceptuando maní donde es de 15 ppb (7).

En el mencionado estudio se encontraron niveles que exceden las 20 ppb establecidas en maíz, arroz y frijol. El valor más alto, de 240 ppb, se encontró en una muestra de maíz amarillo, proveniente de la Costa Sur de Guatemala.

En Guatemala el hecho que el maíz esté altamente contaminado tiene mucha importancia, ya que el maíz, junto con el frijol, es el alimento básico del guatemalteco. La mayoría del maíz se consume como tortilla. Para la preparación el maíz se cuece en agua con cal, después se lava, se le quita la cascara, se muele, se hace la maza y luego las tortillas se moldean con las manos y se cocinan en comal con fuego de leña.

La cocción del maíz con cal tiene mucha importancia sobre el contenido de aflatoxinas en las tortillas. Las aflatoxinas que son muy resistentes al calor y no se destruyen con cocción normal, se destruyen parcialmente bajo condiciones alcalinas. Así que, para fortuna del guatemalteco, una parte sustancial de las aflatoxinas se destruyen durante la preparación de las tortillas. Se ha demostrado que más o menos 2/3 se eliminan durante este proceso (18). Sin embargo, mucho maíz se consume en otras formas, dejando las aflatoxinas presentes intactas para el consumidor.

Debido a la importancia del maíz en la dieta del guatemalteco, se decidió investigar la contaminación en las condiciones más favorables para el desarrollo de los hongos. Se inició un estudio sobre aflatoxinas en maíz cultivado y almacenado en la Costa Sur de Guatemala durante la época lluviosa. Las temperaturas máxima y mínima registradas durante el estudio fueron de 37° y 20°C y la humedad relativa del ambiente osciló entre 62 y 95%.

En el momento de la cosecha del maíz se tomaron 42 muestras que se dividieron en dos partes iguales. Una parte se analizó dentro de los primeros días para determinar la contaminación antes o inmediatamente después de la cosecha, mientras que la otra parte se analizó después de 2 meses de almacenamiento bajo condiciones tradicionales del lugar: en mazorca bajo el techo de la cocina. Otro sistema tradicional de almacenamiento en Guatemala es la conservación del maíz en grano en graneros de barro llamados "trojas".

Los resultados se pueden observar en la Tabla N.° 3 (3).

La primera parte de las muestras que se analizó dentro de los primeros 20 dias después de la cosecha, estaba contaminada en un 17%. El 7% de las muestras tenían niveles por encima del límite de 20 ppb. El valor máximo fué de 130 ppb.

Después de 2 meses de almacenamiento el 24% de las muestras estaban contaminadas. El 17% rebasaban el límite de 20 ppb y el valor máximo fue de 1650 ppb, o sea 82 veces el límite (3).

Es obvio que la ingestión de maíz tan altamente contaminado, puede tener consecuencias graves y por lo tanto es importante mejorar la tecnología de almacenamiento.

Se confirmó también en este estudio que la susceptibilidad a la contaminación aumenta cuando los granos son atacados por insectos.

De las muestras que se encontraban contaminadas inmediatamente después de la cosecha, el 75% estaban dañadas por insectos y en el maíz almacenado por 2 meses el 83% de las muestras contaminadas estaban atacadas. Varios autores han reportado que existe una asociación positiva

entre el daño causado por insectos y la invasión de A. *flavus* (5, 11). Los insectos pueden actuar como vectores, introduciendo ellos mismos las esporas del hongo dentro del grano o, dañando el grano, dejandolo abierto para la infección fungal.

TABLA 3 - Aflatoxinas en maíz, efecto de almacenamiento. Estación lluviosa, costa sur de Guatemala

(en ppb: microgramos/kg)

Muestras analizadas n	Muestras contaminadas n	Muestras contaminadas		
		0 - 20	> 20	valor max.
42	(7)[2] 10[3]	(4) 3	(3) 7	(130) 1650
Muestras contaminadas, % del total	(17%) 24%	(10%) 7%	(7%) 17%	

[2] Entre parentesis: Analizadas dentro de 20 días después de la cosecha.

[3] Fuera de parentesis: Mismas muestras después de 2 meses de almacenamiento.

De la misma manera, cuando el grano está dañado mecanicamente, está más susceptible a la infección durante el almacenamiento (5).

Debido a que las aflatoxinas se consideran como el grupo de micotoxinas de mayor peligro en países con clima caliente y húmedo se ha dedicado mucho espacio a ellas en esta presentación. A continuación se mencionarán someramente otros grupos de micotoxinas que también son de mucha importancia.

OCRATOXINAS

Las ocratoxinas, otro grupo importante de micotoxinas, son producidas principalmente por el hongo *Aspergillus ochraceus*, cuyas esporas color ocre le da el nombre. En menor grado algunos otros *Aspergilli* y algunos *Penicilli* producen también ocratoxinas. Las ocratoxinas exhiben una fluorescencia azul bajo luz ultravioleta (20).

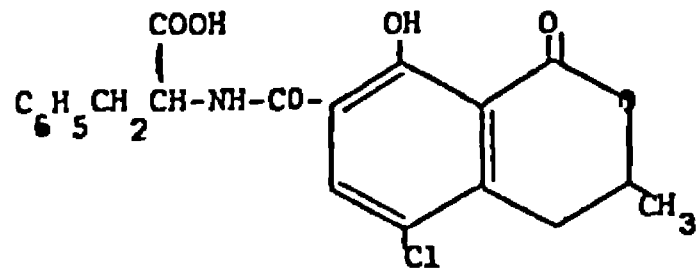
El *A. ochraceus* se encuentra en vegetales en decomposición principalmente, pero contamina también granos como arroz, avena, trigo y maíz. Con una humedad del grano mayor que 16% y una temperatura entre 20° y 30°C las condiciones son favorables para su crecimiento y la formación de toxinas. El hongo puede también producir toxinas a temperatura más bajas, pero en este caso el requerimiento de humedad es mayor (20).

Dentro del género *Penicillium* hay especies de hongos psicrofílicos, es decir que crecen a bajas temperaturas, lo que explica que hay contaminación con ocratoxinas aún a temperaturas de 5° a 10°C (20). La contaminación de granos con ocratoxinas en países de clima tropical y templado es común, pero existen también muchos informes sobre niveles altos en países fríos como Escandinavia y Canada (20). De esto se puede deducir que cereales cultivados en regiones frías de América Latina son también susceptibles a contaminación con ocratoxinas.

Dentro de las ocratoxinas hay varios metabolitos con diferentes grados de toxicidad, el mas común y el más tóxico es la llamada Ocratoxina A. Como las aflatoxinas, las ocratoxinas son muy termoestables, resistiendo condiciones de autoclave por 3 horas. La formula de la toxina apa

rece en la Figura N.º 4.

Hongo productor principal: *Aspergillus ochraceus*
Hongos productores secundarios: *Aspergillus spp.*
Penicillium spp.



Ocratoxina A

Figura 4 - Ocratoxinas.

Cuando se utilizan granos contaminados para alimentación animal, se pueden encontrar residuos de ocratoxinas en los tejidos. Se han encontrado residuos en reñón, hígado, músculo y tejido adiposo de cerdos y en músculo de aves.

La ocratoxicosis se ha estudiado extensivamente en cerdos, en los cuales la nefropatía, o sea las lesiones degenerativas del riñón, es muy común.

En gallinas las ocratoxinas causan también lesiones renales y una producción disminuida de huevos.

Se cree que la nefropatía que en humanos es endémica en países balcánicos, se debe a una alta ingestión de ocratoxinas en la dieta (20).

CEARALENONA

La cearalenona es un contaminante que principalmente afecta el maíz, pero también se encuentra en otros cereales (20).

La cearalenona es producida por varios hongos, por *Fusarium graminearum* especialmente y en menor grado por otros hongos del genero *Fusarium y* hongos de los generos *Penicillium*, *Trichothecium y Rhizopus* (13). La cearalenona tiene una fluorescencia azul - verdosa bajo luz ultravioleta (UV) de onda larga y una verde intensa bajo UV de onda corta (20). La cearalenona es la mas tóxica de una serie de toxinas llamadas toxinas F, de F por Fusarium.

La producción de toxinas ocurre cuando granos contaminados por estos mohos atraviezan un período de temperatura baja, de 12 - 14°C, durante el almacenamiento (13).

Los efectos tóxicos de la cearalenona son de tipo estrogénico. En cerdos existen multiples reportes sobre cambios alarmantes en los organos genitales y las glandulas mamarias. También se ha reportado aborto y esterilidad, tanto en cerdos como en reses (20).

Los niveles de cearalenona reportados en maíz para consumo humano som mucho más bajos que los que hasta ahora se han asociado con el llamado Sindrome Estrogénico (20).

La formula de la cearalenona aparece en la Figura N.º 5.

TRICOTECENOS

Los tricotecenos son producidos también principalmente por hongos del genero *Fusarium*. Estos hongos productores de tricotecenos prefieren temperaturas más bajas que las especies *Fusa*

rium spp. que producen cearalenona (5). Existen un gran variedad de estas toxinas, la más conocida es la llamada Toxina T-2. El micelio de un *Fusarium* se puede observar en la Figura N.º 6.

Hongo productor principal:	*Fusarium graminearium*
Hongos productores secundarios:	*Fusarium spp.*
	Penicillium spp.
	Trichothecium spp.
	Rhizopus spp.

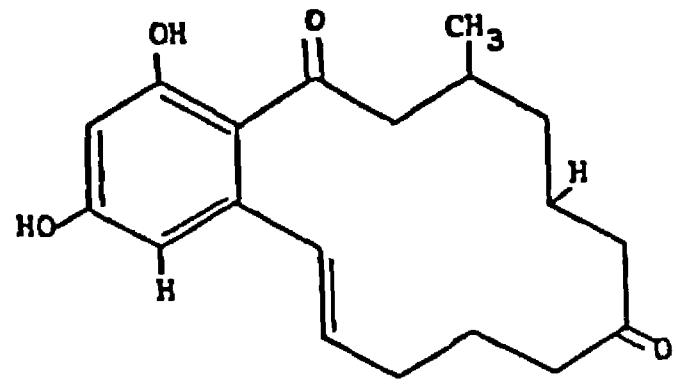


Figura 5 - Cearalenona.

Figura 6 - Macroconida of Fusarium Solani X750.

En bovinos los tricotecenos inducen hemorragias a nivel de vísceras y la intoxicación puede ser fatal. Casos fatales se han reportado también en aves, caballos, y cerdos después de haber ingerido niveles altos de Toxina T-2 (20).

No existe en la actualidad datos conclusivos sobre la exposición del hombre a tricotecenos. Sin embargo, por inferencia de resultados obtenidos por Ueno en Japón (17), la causa de la "Aleucia Tóxica Alimentaria" (ATA), la epidemia que tocó a la Unión Sovietica durante los años de guerra, podría atribuirse a tricotecenos. Resultados de otros investigadores sugieren lo mismo,

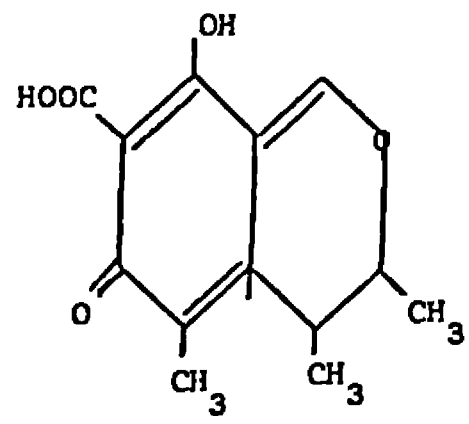
sin que pueda afirmar con seguridad (20).

CITRININA

La citrinina es producida principalmente en arroz por *Penicillium citrinum*. Cuando las esporas maduran, las colonias se ven de color verde oliba o gris.

Bajo condiciones experimentales se ha demostrado que la citrinina es una potente nefrotoxina, causando daños al riñón (13). La formula de la citrinina aparece en la Figura N.º 7.

Hongo productor principal: *Penicillium citrinum*



ESTERIGMATOCISTINA

La esterigmatocistina es producida por hongos del genero *Aspergillus*. Estructuralmente se parece a las aflatoxinas y es, como ellas, cancerígena a nivel de hígado. La esterigmatocistina induce también carcinomas en la piel, además de otras lesiones dermatológicas (14). En la actualidad no existen reporteres sobre la presencia de esta toxina en alimentos y forrajes.

La formula de la esterigmatocistina aparece en la Figura N.º 8..

Hongos productores: *Aspergillus spp.*

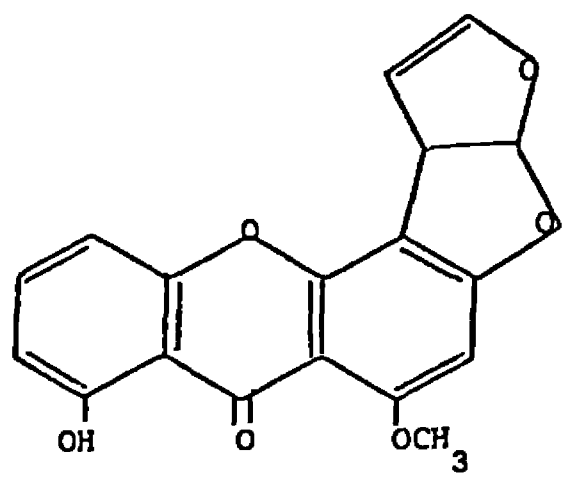


Figura 8 - Esterigmatocistina.

DETOXIFICACIÓN

Es obvio que la presencia de micotoxinas en los alimentos para hombres y animales repre

senta un peligro considerable. Las pérdidas económicas causadas por el rechazo de lotes contaminados son importantes y varios investigadores han trabajado para encontrar métodos de detoxificación para productos contaminados.

Estos métodos se han desarrollado más que todo para la destrucción de las aflatoxinas. El método más importante es el tratamiento de granos contaminados con amoníaco.

Para la aplicación práctica del método en gran escala se necesita inversión de capital y mantenimiento constante del equipo.

El maíz tratado con amoníaco es decolorado y hasta ahora productos detoxificados se han destinado exclusivamente a alimentación animal (6).

También se ha propuesto la mezcla de granos contaminados con granos no contaminados para rebajar la concentración de toxinas (21).

Si el nivel de contaminación es alto, se necesitan cantidades muy grandes del producto limpio para alcanzar un nivel suficientemente bajo en la mezcla. Se necesita también un equipo adecuado que permita una mezcla eficiente para evitar focos mal mezclados y altamente contaminados. Es obvio también que este tipo de tratamiento sirve únicamente para alimentación animal.

METODOS PREVENTIVOS

El mejor método para disminuir la contaminación de granos con hongos y bajar los niveles de micotoxinas es la adopción de medidas preventivas. La "Conferencia Mixta FAO/OMS/PNUMA Sobre Micotoxinas", celebrada en Nairobi, Kenya, del 19 al 27 de septiembre, 1977 emitió una serie de recomendaciones al respecto (5).

1) Emplear variedades de semillas resistentes:

Se han descubierto algunas variedades resistentes de maíz y sorgo con la capacidad potencial de inhibir la producción de aflatoxinas. Las investigaciones en este campo todavía no han llegado a su etapa final, pero se considera que el empleo de variedades resistentes tendrá mucha importancia en el futuro.

2) En el campo, destruir malas hierbas y residuos de la cosecha anterior que puedan servir como reservorio de hongos.

3) Combatir los insectos durante el cultivo mediante insecticidas adecuados.

4) Reducir al mínimo el daño mecánico de los productos durante el cultivo, la cosecha y los procesos subsiguientes.

5) Si posible, cosechar los productos cuando la humedad relativa del ambiente es baja:

Las condiciones ambientales durante la época de la cosecha son muy importantes. Con una alta humedad relativa los frutos son más susceptibles al ataque de hongos que cuando se cosechan en un ambiente seco.

6) Limpiar cuidadosamente el producto antes del secado y almacenamiento:

Las sustancias extrañas tienen generalmente mas esporas que el fruto mismo y es importante no prolongar el tiempo de contacto con éstas.

7) No retardar el inicio del secado después de la cosecha:

El secado a niveles inocuos de humedad es obligatorio si se desea evitar la contaminación por hongos. Conviene no demorar el secado después de la cosecha, sobre todo si la humedad es alta. Los niveles inocuos de humedad varían según el producto. Los cereales en general deben secarse a menos de 13%, el sorgo a menos de 11% de humedad.

8) Almacenar los productos bajo condiciones adecuadas:

a) Las estructuras de la bodega deben estar secas y no permitir la entrada del agua.

b) En lo posible mantener la bodega a temperatura y humedad relativa constante. Esto e-

vita la circulación y la condensación del agua que se acumularía en ciertas zonas con el consecuente desarrollo de mohos.

c) Los productos deben ser secos y libres de insectos cuando ingresen a la bodega.

d) Cuando sea necesario tratar la bodega y los cereales con insecticidas y emplear fungicidas para controlar los mohos. Es importante usar los plaguicidas adecuados en las dosis recomendadas para no dejar residuos químicos nocivos en los productos.

e) Mantener una baja temperatura en la bodega cuando sea posible, ya que la contaminación está en correlación directa con la temperatura.

f) Efectuar el transporte bajo condiciones adecuadas:

Se deben observar los mismos cuidados durante el transporte que durante el almacenamiento.

PERDIDAS EN GRANOS CAUSADAS POR INFECCION CON MOHOS

Tomando en cuenta los factores expuestos anteriormente se hace muy difícil estimar las pérdidas económicas causadas por microorganismos en granos. Las pérdidas son de dos tipos: pérdidas directas y pérdidas indirectas.

Las pérdidas directas son las más tangibles, ocurren cuando un producto tiene que ser destruído debido a su contaminación visible y excesiva.

Las pérdidas indirectas son mucho mas difíciles de estimar. Las pérdidas más importantes se deben a los siguientes factores:

a) Muerte de ganado y otros animales de granja.

b) Bajas tasas de crecimiento con el consiguiente aumento en el gasto del forraje.

c) Baja producción de leche y huevos.

d) Fertilidad disminuida y abortos.

e) Disminución del valor de los productos debido a su calidad.

f) Productos para exportación rechazados en el país importador y pérdida de los gastos de transporte.

g) Gastos de control y detoxificación de productos contaminados.

h) Enfermedad en humanos.

i) Disminución de la productividad humana.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

El problema de la contaminación de granos con micotoxinas es grande y complejo. Es urgente que los países introduzcan programas de vigilancia de la contaminación y que tomen medidas preventivas para disminuirla.

Entre la población en general el desonocimiento sobre estos problemas es bastante grande. Ya se habrá ganado la mitad de la batalla por la causa cuando se logre que la población conozca mejor los peligros. Para tal propósito es necesario dar mucho énfasis a programas de educación para personas trabajando en producción, elaboración y comercialización de productos agrícolas (5).

Estas medidas, seguramente, tendrán implicaciones económicas favorables y, lo que es más importante, mejorará la salud humana y animal.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Bothast, R.J. y C.W. Hesseltine. "Bright greenish yellow fluorescence and

aflatoxin in agricultural commodities". *Appl. Microbiol.*, 30 (4): 377-388. 1975.

2. Campos, Marit de y A.E. Olszyna - Marzys. "Aflatoxin contamination in grains and grain products during the dry season in Guatemala": *Bull. Environm. Contam. Toxicol.*, 22: 350 - 356. 1979.

3. Campos, Marit de *& al.*"Aflatoxin contamination in grains from the Pacific Coast in Guatemala and the effect of storage upon contamination". *Bull. Environm. Contam. Toxicol.*, 24: 789 - 795. 1980.

4. Conferencia Mixta FAO/OMS/PNUMA sobre Micotoxinas. Nairobi, Kenya, 19 - 27 septiembre 1977. *Aspectos sanitarios y toxicológicos de las micotoxinas.* [Roma, FAO, 1977] 10 p. (Tema 4 del programa, MYC-4b).

5. _____. *Prevención de la contaminación de alimentos y forrajes por micotoxinas.* [Roma, FAO, 1977] 13 p. (Tema 5 del programa, MYC - 5).

6. _____. *Detoxificación de alimentos humanos y animales contaminados con micotoxinas.* [Roma, FAO, 1977] 8 p. (Tema 6 del programa, MYC-6).

7. *Federal Register*, 39 (236): 21 CRF Part 122, Friday, December 6, 1974. Washington, USA.

8. Frazier, W.C. *Microbiología de los Alimentos.* Zaragoza, España, 1962. Editorial Acribia, Zaragoza. p. 467.

9. Garza, J.L. de la. "*Aflatoxinas en alimentos para puercos, conejas y aves en el área de Monterrey*". Monterrey, México, Proveedora Técnica, S.A., 1977. 5 p. (Boletín interno N.º 3).

10. Goldblatt, L.A. *Aflatoxin.* Nueva York y Londres, Academic Press. 1969.

11. Lillehoj, E.G. y C.W. Hesseltine. "Aflatoxin control during plant growth and harvest of corn". En: *Conference on Mycotoxins in human and animal health.* University of Maryland, University College, College Park, Maryland, October 4-8, 1976. Proceedings. Park Forest South, Illinois, Pathotox Publishers, Inc., 1977 pp. 107 - 119.

12. Martínez, M.L. "Prevalencia de hongos en granos de maíz de Guatemala". *Turrialba*, 20:311-319. 1970.

13. Moreau, C. *Moulds, Toxins & Food.* Chichester, New York, Brisbane, Toronto, 1979. Ed. John Wiley & Sons. p. 477.

14. Steyn, P.S. "Mycotoxins, excluding aflatoxin, zearalenone and the trichothecenes". En: *Conference on Mycotoxins in human and animal health.* Maryland, October 4-8, 1976 pp. 419 - 467.

15. Stoloff, L. "Aflatoxin - an overview". En: *Conference on Mycotoxins in human and animal health.* Maryland, October 4-8, 1976. pp. 7 - 25.

16. Strasburger, H. *& al. Lehrbuch der Botanik.* Stuttgart. Ed. Gustav Fisher Verlag, 1967.

17. Ueno, Y. "Trichothecenes: Overview Address": En: *Conference on Mycotoxins in human and animal health.* Maryland, October 4-8, 1976 pp. 189 - 207.

18. Ulloa - Sosa, M. y H.W. Schroeder. "Note on aflatoxin descomposition in the process of making tortillas from corn". *Cereal Chem.*, 46: 397 - 400. 1969.

19. Van Rensburg, S.F. "Role of Epidemiology in the elucidation of mycotoxin health risks". En: *Conference on Mycotoxins in human and animal health.* Maryland, October 4-8, 1976. pp. 699 - 711.

20. World Health Organization. "*Mycotoxins*". Environmental Health Criteria 11. Geneva, 1979. pp. 11 - 127.

21. Zintzen, H. *El problema de las aflatoxinas.* Montevideo, Uruguay. Roche International Ltds. Servicio Técnico, 1975. p. 11.