

**MICOTOXINAS EN RUMIANTES***Paulo Campos Christo Fernandes (D.Sc.)*Consultor en Producción Animal
fernandesppc@yahoo.com*Andrea Malaquido (M.Sc.)*
Asistente Técnico de Alltech - Brasil**FACTORES DE RIESGO**

Los granos almacenados deben contener bajos tenores de humedad para prevenir el desarrollo fúngico. Pero, los padrones meteorológicos mundiales no son regulares, teniendo áreas muchas lluvias, sequías o heladas. El estrés de la sequía puede elevar la penetración de hongos en los granos. Algunos países tropicales o semitropicales están describiendo con frecuencia la contaminación por fusarium, adonde anteriormente sólo eran detectadas aflatoxinas. Posiblemente esto es un resultado de estudios cada vez más frecuentes, para detección de estos compuestos que eran equivocadamente considerados inexistentes.

Los padrones de calidad de los granos comúnmente utilizados pueden variar mucho de acuerdo con las condiciones climáticas y manejo de los granos. La tabla 1 presenta un relevamiento realizado por 3 años en una empresa privada, en Brasil. Los porcentajes de granos con algún tipo de problema fue arriba del 15%, predisponiéndolo al crecimiento fúngico. Estos datos muestran como los productores son susceptibles a los brotes de intoxicación por las micotoxinas.

INTRODUCCIÓN

Las micotoxinas son productos normales del metabolismo de determinados tipos de hongos. La contaminación de alimentos por hongos tóxicos no es un fenómeno reciente. En la Edad Media la contaminación del centeno causaba la enfermedad conocida como "fuego de San Antonio" o ergotismo. Los estudios en cuanto a la toxicidad de las micotoxinas empezaron después del brote de aflatoxicosis ocurrido en Inglaterra en 1960, haciendo que murieran miles de pavos. USA estableció límites para las aflatoxinas desde el 1965. En los últimos años, grandes avances ocurrieron en este sentido, pero muchos aspectos aún necesitan ser aclarados.

Tabla 1 - Evaluación de muestras de maíz en el periodo de tres años consecutivos

	Humedad	Impureza	Picantes	Averiadados y/o gorgojado	Granos Buenos
Promedio (%)	12,81	3,39	5,46	8,15	83,01
s.d.	1,24	3,41	5,61	4,35	8,55
CV (%)	9,66	100,83	102,80	53,39	10,30
1999 Mínimo	9,10	0	0,10	1,60	48,30
Máximo	16,80	30,30	32,10	40,80	97,10
N	271	265	265	265	265
Promedio (%)	12,99	3,04	8,73	9,07	79,32
s.d.	0,84	2,83	6,50	4,23	9,53
CV (%)	6,43	93,09	74,54	47,15	12,02
2000 Mínimo	9,40	0,20	0,60	0,80	39,60
Máximo	14,50	33,50	50,3	30,0	94,60
N	325	341	322	322	341
Promedio (%)	13,83	3,48	4,00	7,21	85,31
s.d.	1,64	3,11	4,38	3,04	6,97
CV (%)	11,88	89,42	109,48	42,22	8,17
2001 Mínimo	11,30	0	0,10	1,30	45,10
Máximo	33,90	41,00	40,60	32,00	96,10
N	275	341	341	341	341
Padrón					
Mínimo					87,50
Máximo	14,5	1,50	3,0	8	
s.d. = Desvío padrón CV = Coeficiente de variación n = número de muestras					
Fuente: Biagi et al., 2002					



La tabla 2 muestra algunos datos de Estados Unidos sobre la ocurrencia de micotoxinas. El gran número de muestras analizadas da sustentación a los resulta-

dos, comprobando la gran incidencia de micotoxinas en el silaje de maíz, maíz grano y en las materias primas en general.

Tabla 2 - Ocurrencia de micotoxinas en silaje de maíz, maíz grano y otras materias-primas en Carolina del Norte (USA) en el periodo de 9 años

Muestra	N	%	Promedio ±	s.d.
Aflatoxina (>10ppb)				
Maiz (silaje)	461	8	28 ±	19
Maiz (grano)	231	9	170 ±	606
Otros	1.617	7	91 ±	320
DON (> 50 ppb)				
Maiz (silaje)	778	66	1.991 ±	2.878
Maiz (grano)	362	70	1.504 ±	2.550
Otros	2.472	58	1.739 ±	10.880
ZEN (>70 ppb)				
Maiz (silaje)	487	30	525 ±	799
Maiz (grano)	219	11	206 ±	175
Otros	1.769	18	445 ±	669
Toxina T-2 (>50 ppb)				
Maiz (silaje)	717	7	569 ±	830
Maiz (grano)	353	6	569 ±	690
Otros	2.243	7	482 ±	898

s.d. = Desvío padrón
n = número de muestras

Fuente: Whitlow & Hagler Jr., 2002

Se estima que cerca del 25% de las culturas son afectadas por micotoxinas anualmente en el mundo (CAST, 1989). Datos de un laboratorio brasileño muestran que el 46,78% de las muestras de maíz y el 40,64% de las raciones analizadas contenían aflatoxinas (LAMIC apud Regina, 2002). Considerando estos números, los datos son alarmantes, haciéndose necesario providencias para reducirse los riesgos a los sistemas de producción.

SINERGIA ENTRE LAS MICOTOXINAS

El entendimiento del efecto sinérgico de las micotoxinas sobre la producción animal es un vasto campo de estudios que se desarrollará mucho en los próximos años. La acción sinérgica entre las micotoxinas puede aumentar la toxicidad para los animales, por lo tanto análisis incompletos pueden ocasionar la falsa sensación de seguridad en cuanto a los riesgos de una intoxicación crónica.

La intensificación del comercio de granos está creando nuevas situaciones de sinergia entre las varias micotoxinas. Las raciones son, actualmente, la mezcla de varios ingredientes de origen geográfico distinto con procesamiento y almacenamiento no uniformes. Eso aumenta las posibilidades de combinaciones entre toxinas de distintas partes del mundo en una misma ración.

Muchas toxinas pueden hacerse presentes simultáneamente en la ración, haciendo con que los estudios de diagnóstico se pongan muy caros. Las especies de hongos coexisten en el mismo ambiente. El efecto de las toxinas son sinérgicos y las combinaciones tienen mayor impacto que las toxinas aisladamente. Es debido a esto que niveles aparentemente bajos de toxinas individuales se tornan peligrosas cuando se combinan entre sí.

ORIGEN DE LAS MICOTOXINAS

Los principales hongos y micotoxinas en comidas están descritos en la tabla 3. Algunos factores predisponentes facilitan la colonización fúngica del alimento tales como condiciones inadecuadas de almacenamiento, falta de resistencia genética de la planta, manejo de la cosecha.

Muchas veces el maíz ya llega contaminado para ser almacenado. Esto puede ocurrir cuando la cosecha coincide con grandes precipitaciones pluviométricas o cuando el maíz es dejado en los establecimientos después de haber pasado por el punto de cosecha. La apertura física, promovida por el ataque de insectos o por los daños causados por la cosecha mecánica, favorece la penetración del hongo.

Genotipos del maíz con gran tenor de ácido linoleico como el ácido graso principal y la presencia de la enzima lipoxigenasa, indican mayor resistencia al ataque fúngico en el periodo pre cosecha, con consecuente menor producción de granos picantes en la cosecha.

La aflatoxina M1 es un metabolito frecuentemente encontrado en la leche, pues es el resultado de la hidroxilación de la aflatoxina B1 proveniente del alimento contaminado. La aflatoxina B1 tiene la mayor toxicidad por su característica carcinogénica.

DAÑOS PROVOCADOS POR LAS MICOTOXINAS

Los efectos biológicos concomitantes a las micotoxinas están relacionados a muchos aspectos tales como la dosis, duración de la exposición y la combinación entre las toxinas.



Tabla 3 - Principales hongos y micotoxinas en los alimentos

Alimento	Hongo	Micotoxina
Maíz, trigo, arroz, cebada, sorgo	<i>Aspergillus flavus</i> , <i>A. parasiticus</i> , <i>A. nomius</i>	Aflatoxinas B ₁ , B ₂ , G ₁ , G ₂
Leche		Aflatoxina M ₁ , M ₂
Maíz, trigo, cebada	<i>Penicillium viridicatum</i>	Ocratoxinas, citrinina
Avena, trigo, cebada	<i>Claviceps purpurea</i>	Ergot
Maíz, trigo, cebada, raciones	<i>Fusarium graminearum</i>	Tricotecenos: deoxinivalenol (DON), diacetoxiscirpenol, diacetilnivalenol, nivalenol, toxina T-2, zearalenona, Fumonisina B ₁ , B ₂
	<i>Fusarium moniliforme</i>	

Los forrajes y cereales están naturalmente en contacto con hongos antes de ser cosechados, durante el transporte y almacenamiento. La preservación del heno es muy dependiente de las condiciones climáticas durante la cosecha. Los silos están propensos al crecimiento fúngico cuando la fermentación no es completa o si hay la entrada de aire en el silo.

Las micotoxinas afectan el hígado y su complejo sistema enzimático de varias maneras (tabla 4 y 5). Animales lecheros de gran performance están más predispuestos a los disturbios hepáticos decurrentes de micotoxinas, pues presentan mayor consumo y demanda metabólica.

Toxinas de *Fusarium* tales como zearalenona y tricotecenos son micotoxinas que se han observado en granos de cereales y son responsables por gran parte de las micotoxicosis de los bovinos en EUA. También ocurren en cantidad significativa en la pastura en Nueva Zelanda. Se atribuyen problemas de baja fertilidad y crecimiento en ovejas expuestas a estas pasturas. Los tricotecenos producen una amplia variedad de desórdenes en el trato gastrointestinal como disentería e inflamación. Alteraciones en la respuesta inmune, irritacio-

nes dérmicas, aborto y hemorragia también pueden ocurrir.

Zearalenona frecuentemente ocurre en combinación con tricotecenos en los granos de cereales. Los síntomas de la intoxicación por zearalenona son edema de vulva y glándula mamaria, reducción en la tasa de ovulación. La tasa de concepción es disminuida en el ganado de leche, pero la transferencia de zearalenona o sus metabolitos para la leche es muy baja. El efecto estrogénico de la zearalenona es medido por la unión de la micotoxina al receptor citoplasmático del estrógeno.

Datos clínicos asocian la contaminación de las dietas con DON y la baja performance en la cabaña lechera, pero sin el establecimiento de una relación causa/efecto. DON puede ser un marcador, en esas cabañas, para alimentos de baja calidad contaminados con micotoxinas.

Noller et al. (1979) utilizó 54 vacas en lactación usando granos contaminados con *Fusarium graminearum* en tres tratamientos (0, 1.650 e 3.300 ppb de DON y 0, 65 y 130 ppb de zearalenona). La producción de leche y el consumo no fueron afectados, pero hubo una significativa diferencia en la ganancia de peso.

Tabla 4 - Disfunción hepática por las micotoxinas

Efecto	Micotoxina	Referencia
↑ Lactato deshidrogenasa	Aflatoxina B ₁	Ray et al. (1986)
↑ Aspartato transaminasa	Aflatoxina B ₁	Ray et al. (1986) Buonaccorsi et al. (1981) Atroshi et al. (2000)
↑ Bilirrubina total	Aflatoxina B ₁	Ray et al. (1986) Lynch et al. (1972)
↑ Triiodotironina (T ₃)	Aflatoxina B ₁	Applebaum & Marth (1983)
↓ Capacidad de hormono-unión para T ₃	Aflatoxina B ₁	Applebaum & Marth (1983)
↓ Albúmina, fibrinógeno, protrombina, pseudocolinesterasa, β-lipoproteínas	Aflatoxina B ₁	Buonaccorsi et al. (1981)
↑ Transaminasa glutámica oxaloacética	Aflatoxina B ₁	Helferich et al. (1986)
↑ Sorbitol dehidrogenase	Aflatoxina B ₁	Helferich et al. (1986)
↑ L-alanina 2 oxoglutarato aminotransferase	Ocratoxina A, T ₂	Atroshi et al. (2000)
↑ Fosfatase alcalina	Ocratoxina A, T ₂	Lynch et al. (1972)
↑ Ly - glutamiltransferasa	Ocratoxina A, T ₂	Atroshi et al. (2000)
↑ Aspartato aminotransferase, alanina aminotransferase, Ca ⁺² hepático	Fumonisina B ₁	Atroshi et al. (1999)
↓ Glutaciona hepática	Fumonisina B ₁	Atroshi et al. (1999)

Fuente: Jouany, 2001



Tabla 5 - Clasificación de las micotoxinas de acuerdo con los principales órganos y sistemas afectados

Hepatotoxinas	Citotoxinas (toxinas del tracto alimentario)
Esporidesmina	Tricotecenos
Aflatoxinas	Toxina T-2
Luteosquirina	Diacetoxiscrípenal
Cicloclorotina	Neosolaniol
Rubratoxinas	Nivalenol
Sterigmatocistina	Diacetilnivalenol
	Dioxynivalenol (DON, Vomitoxina)
	Toxina HT2
	Fusarenon X
Nefrottoxinas	Micotoxinas estrogénicas
Ocratoxina	Toxina F-2 (Zearalenona)
Citrinina	
Neurotoxinas	Otras micotoxinas
Penitrema	Ergot
Patulina	Fescue
Citreoviridina	Lupunosis
Micelanea de neurotoxinas	
	Fuente: Semple et al., 1989

SÍNTOMAS

Algunos síntomas de contaminación por micotoxinas son: reducción de la ingestión alimentaria, crecimiento retardado, problemas reproductivos y disminución de la producción de leche. Lamentablemente estos síntomas no siempre son obvios y fácilmente pasan sin percibirse. Por ejemplo, la contaminación por micotoxinas en los rumiantes puede resultar en niveles absolutamente fuera del normal de la serotonina del cerebro, causando pérdida del apetito y letargia. El consumo de micotoxinas reduce también la presión arterial y obstruye la síntesis apropiada de las proteínas, lo que explica la pérdida de producción de leche y la ganancia diaria en el ganado de corte. La contaminación por micotoxinas afecta también en gran escala la reproducción de las vacas con síntomas tales como el aborto, celos silenciosos y etc.

DIAGNÓSTICO

La metodología analítica para detección en raciones es sencilla, sensible y reproducible. Esto se debe, en parte, a la fluorescencia natural de sus moléculas. Siendo que las micotoxinas producidas por *Fusarium* son de gran impacto económico en los granos, ellas son formadas por complejas mezclas de compuestos químicamente no relacionados, lo que retarda el progreso de los estudios de esas toxinas. Con excepción de las aflatoxinas, el procedimiento de laboratorio de detección de micotoxinas presenta grandes dificultades analíticas.

La precisión en la detección de cualquier contaminante en las raciones o ingredientes no depende únicamente del método analítico utilizado. El plan de muestreo y las etapas de preparación de las muestras son componentes críticos en el diagnóstico y son raramente adoptados en la práctica. La distribución de micotoxinas en ingredientes almacenados a granel no es regularmente homogénea, por lo tanto tiene una distribución heterogénea en el material almacenado. Con un peque-

ño número de porciones contaminadas, el nivel de contaminación puede ser extremadamente alto y el muestreo constituye la principal fuente de error en el análisis.

El tipo de preparación de la muestra en laboratorio requiere cuidados especiales, eso hace muy importante cuando varios laboratorios trabajan conjuntamente, cuando el cliente busca obtener una segunda opinión sobre resultados ofrecidos por un laboratorio o en evaluaciones que involucran comercio internacional y control de calidad de productos.

Sin embargo, los errores de muestreo no pueden ser compensados por el laboratorio, haciendo que los análisis cuantitativos más avanzadas sean meros indicadores cualitativos de la presencia de micotoxinas. Resultados negativos pueden dar una falsa sensación de seguridad al productor. Pero, la implementación de planes rigurosos de muestreo pueden ser inviables en condiciones prácticas.

Los hongos vistos a ojo desnudo o el conteo de esporos no tienen valor diagnóstico y los análisis de laboratorio de la mayor parte de las micotoxinas tardan mucho, son de alto costo y realizados por pocos laboratorios. El procedimiento analítico no puede ser hecho en todos los silos, inviabilizando el control rígido de la ración producida. El monitoreo de la materia prima debe ser hecho regularmente, teniendo un carácter cualitativo y no cuantitativo, dada la heterogeneidad de la distribución fúngica en silo (tabla 6).

PREVENCIÓN CONTRA LAS MICOTOXINAS

Una de las medidas a ser tomadas es el plantío de cultivares de granos que posean mayor resistencia a la contaminación fúngica en el periodo pre cosecha. El tratamiento del maíz antes del almacenamiento es una solución viable para prevenir el crecimiento fúngico pos cosecha. Muchas sustancias químicas pueden ser em-



Tabla 6 - Niveles máximos de micotoxinas en ingredientes para animales según el FDA

Toxina	Nivel	Especie
Aflatoxina (ppb)	20	Ganado de leche, porcino joven, pollo
	100	Animales reproductores
	200	Porcino en terminación
	300	Ganado de corte
Vomitoxina (ppm)	5	Porcino
	10	Ganado, pollo
Fumonisina (ppm)	5	Equino
	10	Ganado de corte
	50	Ganado de corte,

pleadas, pero los ácidos orgánicos son las sustancias más comúnmente usadas. Además de la conservación y prevención del crecimiento fúngico el uso de tales sustancias permite almacenar los granos con mayores tenores de humedad optimizando el uso del secador y permitiendo la adquisición del maíz en el periodo de la cosecha con mejores precios.

Cuando el grano ya estuviera colonizado por hongos, varios métodos pueden ser usados para sacar los contaminantes del grano, tales como: remoción física de los granos picantes, uso de solventes, procesamiento físico etc. Pero, sin embargo, todos estos métodos no son viables económicamente.

Una vez que no hay maneras prácticas de eliminar las micotoxinas y no existen sustancias químicas viables para inactivarlas sin perjuicio de la ración, el uso de productos adsorbentes se hace la única alternativa para evitar los efectos de las micotoxinas en raciones contaminadas.

El adsorbente ideal de micotoxinas necesita tener las siguientes características:

- ✓ Eficaz en baja tasa de inclusión;
- ✓ Pronta mezcla y uniformidad en la fábrica de ración;
- ✓ Estabilidad en el proceso de ración y almacenamiento;
- ✓ Adsorción selectiva para micotoxinas, no interfiriendo en otros nutrientes y drogas;
- ✓ Adsorción rápida y estable;
- ✓ Adsorción de un amplio espectro;
- ✓ Eficaz en distintos valores de pH;
- ✓ Biodegradable y ecológicamente correcto;
- ✓ Poseer efectos adicionales benéficos a los animales.

Los adsorbentes de micotoxinas son polímeros orgánicos o inorgánicos de gran peso molecular que, cuando añadidos a la ración, son capaces de formar complejos irreversibles con moléculas de micotoxinas en la luz intestinal. Tales complejos son indigestibles, atraviesan el tracto digestivo y son excretados por los excrementos. El efecto final es la reducción de la dosis de toxinas absorbidas.

Los glucomananos esterificados son polímeros orgánicos extraídos de la pared celular de levaduras (*Saccharomyces cerevisiae*). Ellos poseen la ventaja de ser incluidos en dosis más bajas, además de ser eficientes sobre un gran número de micotoxinas y ejercen una acción inmunomoduladora en los animales. Los polímeros inorgánicos son de bajo costo y poseen, generalmente, gran especificidad para aflatoxinas.

CONSIDERACIONES FINALES

En situaciones adonde el muestreo representativo de la partida sea muy difícil, el productor podrá elegir no depender de un resultado analítico que, en la mejor de las hipótesis, será cuestionable. Dependiendo del tipo de material, condiciones de cosecha o almacenamiento, del origen geográfico y de las condiciones climáticas, se puede suponer que haya gran probabilidad de este material contener micotoxinas y algunas medidas pueden ser tomadas para minimizar su impacto. El uso de adsorbentes de micotoxinas, tratamiento de los granos con antifúngicos, secado adecuado de los ingredientes y monitoreo periódico son medidas eficaces contra las toxinas fúngicas.

Se hace muy común cuando se llega a un diagnóstico final de brote de micotoxinas, que las pérdidas económicas sean irreversibles. La recuperación de los animales ocurre a largo plazo y dependerá de un trabajo de prevención para que nuevos brotes no ocurran. Teóricamente, la responsabilidad por la calidad de la ración es de su fabricante, independientemente de que la materia prima comprada de terceros esté contaminada. El uso de adsorbentes de micotoxinas puede ser empleado como una medida de seguridad adicional al fabricante de raciones, que desea prevenirse de eventuales problemas en la calidad de sus productos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 1 BIAGI, J.D., CARNEIRO, M.C. Armazenamento de cereais. In: SIMPÓSIO SOBRE INGREDIENTES NA ALIMENTAÇÃO ANIMAL, 2, 2002, Uberlândia, MG, Brasil. Anais...Campinas: CBNA. 2002, p.117-132.
- 2 CAST (Council for Agricultural Science & Technology). 2003. Mycotoxins: risks in plant, animal, human systems. Task force report No. 139. Ames, Iowa.
- 3 CHEEKE, P.R. Endogenous toxins and mycotoxin in forage grasses and their effects on livestock. *J. Anim. Sci.* (73) 909-918, 1995.
- 4 JOUANY, J.P. The impact of mycotoxins on performance and health of dairy cattle. In: LYONS, T.P., Jacques, K.A. (ed.) Alltech annual symposium, 17, 2001, Proceedings. Nottingham: University Press. 2001, p.191-223.
- 5 LEITAO, J., BAILLY, J.R., SAINT BLANQUAT. Determination of mycotoxins in grains and related products. In: NOLLET, M.L. (ed.) Food analysis by HPLC. 1992, p.387-420.
- 6 REGINA, R., SOLFERINI, O. Produção de cultivares de ingredientes de alto valor nutricional: características e benefícios. In: SIMPÓSIO SOBRE INGREDIENTES NA ALIMENTAÇÃO ANIMAL, 2, 2002, Uberlândia, MG, Brasil. Anais...Campinas: CBNA. 2002, p.105-116.
- 7 SEMPLE, R.L., FRIO, A.S. HICKS, P.A. et al. Mycotoxin prevention and control in foodgrains. 1989. FAO
- 8 WHITLOW, L.W., HAGLER Jr. W.M., Mycotoxins in feeds. *Feedstuffs*, (10) 68-78, 2002.