

CONFERENCISTA



MBA. Indira Colunga.

- Ingeniera en biotecnología, con MBA y formación especializada en gestión de proyectos.
- Actualmente se desempeña como Gerente de Desarrollo de Negocios para Latinoamérica en PatentCo-Agromed.
- Su trayectoria incluye roles destacados en empresas como Delacon y Cargill, donde ha trabajado en ventas técnicas, innovación y desarrollo estratégico.
- Su enfoque profesional está orientado a construir una cadena alimentaria sostenible, integrando prácticas responsables en nutrición animal, bienestar y reducción del impacto ambiental.

30°



CÁMARA NACIONAL
DE PRODUCTORES
DE LECHE

Congreso Nacional LECHERO

05-06 de Noviembre 2025 - Hotel Wyndham Herradura



“Evaluación de secuestrantes comerciales en la mitigación de micotoxinas: adsorción, desorción y pruebas de eficacia”

BSc MBA Indira Colunga Rivera

San José Costa Rica, 6 de noviembre 2025

Contenido

- Introducción breve a las micotoxinas
 - ¿Que son las micotoxinas?
 - Gestión del riesgo de micotoxinas
- Algunos puntos a aclarar sobre la biotransformación de micotoxinas en el rumen
- Los conceptos de adsorción y desorción
- Adsorción y desorción en atrapantes comerciales en latinomeric

¿Qué son las micotoxinas?

“Las micotoxinas son metabolitos naturales producidos por hongos que provocan una respuesta tóxica al ser introducidos en bajas concentraciones en vertebrados superiores y otros animales por vía natural.

Algunas micotoxinas tienen múltiples efectos y pueden causar síndromes fitotóxicos y antimicrobianos, además de toxicidad animal. Por convención, los hongos venenosos y levaduras suelen excluirse del análisis de micotoxinas” (J.W. Bennett, 1987)

→NOTA: Las Micotoxinas modificadas que también ejercen un efecto toxico en los animales no están formalmente incluidas en la definición tradicional de *Micotoxina* es por ello que hemos acuñado otros términos como: *Micotoxinas enmascaradas (o asociadas a matriz)*, *Micotoxinas modificadas (vía química o vía biológica)*. En el 2014 Rychlik et al. Propusieron una nueva nomenclatura para las diferentes variantes de las micotoxinas.

Table 1 Systematic definition of “modified mycotoxins”

1st level	2nd level	3rd level	4th level	Example
Free mycotoxins				DON, Aflatoxin B ₁ , 3-acetyl-DON, 15-acetyl-DON
Matrix-associated mycotoxins	Complexes, physically dissolved or trapped Covalently bound			Fumonisin bound to starch, OTA- and DON-oligosaccharides
Modified mycotoxins	Biologically modified	Functionalised (phase 1–metabolites) Conjugated (phase 2 – metabolites)	Conjugated by plants (= masked according to ILSI) Conjugated by animals Conjugated by fungi	Aflatoxin B ₁ -epoxide DON-3-glucoside DON-3/8/15-glucuronide, HT2-3/4-glucuronide ZEN-14-sulfate
	Chemically modified	Differently modified Thermally formed Non-thermally formed		Deepoxy-DON (=DOM-1) norDON A-C, N-carboxy-methyl-FB ₁ , 14-(R)-OTA DON-sulfonate, norDON A-C (under alkaline conditions)

Rychlik et al 2014

Los derivados de micotoxinas indetectables mediante técnicas analíticas convencionales debido a que su estructura ha sido modificada en la planta se conocen como Micotoxinas enmascaradas. Berthiller et al. (2013)

Como se detalló anteriormente, el término "enmascaramiento" inicialmente se refería a cuestiones analíticas y no se suponía que existieran orígenes subyacentes. Desde entonces, el término "enmascarado" se ha utilizado de forma ambigua junto con otros términos como "ligado", "oculto" y "conjugado" hasta que el International Life Sciences Institute ILSI definió en 2013 las micotoxinas enmascaradas como metabolitos vegetales (y no fúngicos)

Al encasillarlas en un origen vegetal el termino excluye las modificaciones de micotoxinas no formadas enzimáticamente, como la patulina lo que también subraya la necesidad de una definición más concisa y sistemática.

Gestión de riesgos: prevención de micotoxicosis



Evaluación de
proveedores



Condiciones de
almacenamiento



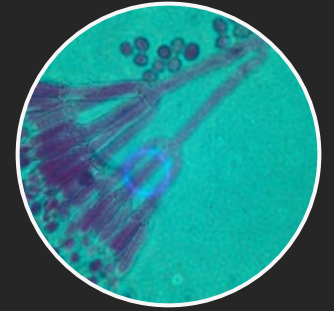
Limpieza de
Granos



Correcto
muestreo y
Análisis de
materias
primas



Dilución o
cambio de
Especie
destino



Selección de
atrapantes de
micotoxinas



Respecto al muestreo

PROTEINAS

12	13	12	14
13	13	14	12
15	11	12	12
13	14	11	9
13	12	12	13

Concentración promedio de proteína

13%

(USDA)

AFLATOXINAS

0	0	0	0
0	0	200	0
0	0	0	0
0	0	0	0
0	0	0	0

Concentración promedio de

Aflatoxinas 10ppb

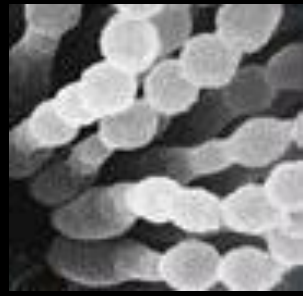
(USDA)

Respecto al almacenamiento

Fusarium sp.



Aspergillus sp.



Penicillium sp.



Hongos de campo

Fusarium spp.

- Tricoticonos (T-2, DON);
- Zearalenona;
- Fumonisin.

Hongos de almacenamiento

Aspergillus spp.

- Aflatoxinas;
- Ocratoxinas.

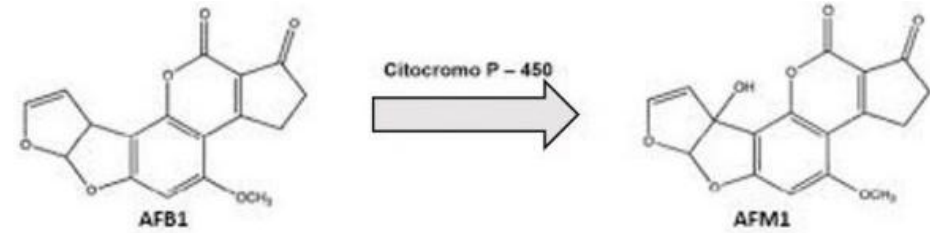
Penicillium spp.

- Ocratoxinas.

Biotransformación de micotoxinas en el rumen

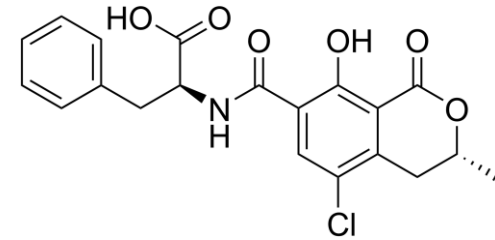
“Se considera que los rumiantes son generalmente más resistentes a los efectos adversos de las micotoxinas (Fink-Gremmels, 2008). Esta suposición se basa en los hallazgos de que la microbiota ruminal tiene la capacidad de biotransformar las micotoxinas en metabolitos menos tóxicos o no tóxicos. Sin embargo, esto no es aplicable a todas las micotoxinas, y su impacto en los rumiantes también depende de la edad, la raza, el sexo, la dosis y el estado inmunitario de cada animal (Dien Heidler y Schatzmayr, 2003). La transferencia de toxinas de los alimentos de origen animal puede tener graves consecuencias para la salud humana.

Aflatoxina



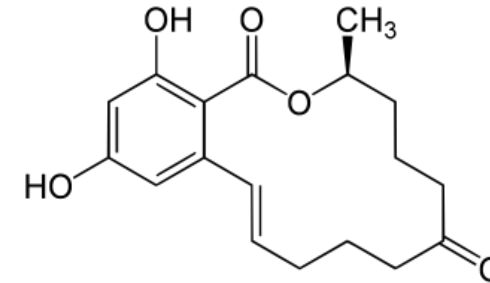
- Las aflatoxinas son una familia de compuestos estrechamente relacionados (Moss, 1996) que incluye las aflatoxinas B1, B2, G1 y G2, generalmente la aflatoxina B1 (AFB1) se encuentra en la concentración más alta. La aflatoxina B1 ingerida se degrada en el rumen, dando lugar a la formación de aflatoxicol. La fracción restante se absorbe en el tracto digestivo por difusión pasiva y se hidroxila en el hígado a **aflatoxina M1** (Kuilman et al., 2000).
- La aflatoxina reduce la resistencia a las enfermedades e interfiere con la inmunidad inducida por vacunas en el ganado (Diekman y Green, 1992). Además del ganado, se ha demostrado la supresión de la inmunidad por la aflatoxina B1 en pavos, pollos, cerdos, ratones, cobayas y conejos (Sharma, 1993).
- Engel y Hagemeister (1978) informaron que el **42 %** de la aflatoxina se degradaba al incubarse in vitro con líquido ruminal. Upadhaya et al. (2009)
- Se ha reportado que entre **0,3 y 6,2% de la AFB1 en raciones animales se transformó en AFM1**, la cual aparece en la leche 12 horas después de la primera ingesta y desaparece 72 horas después de la última ingesta.

Ocratoxina



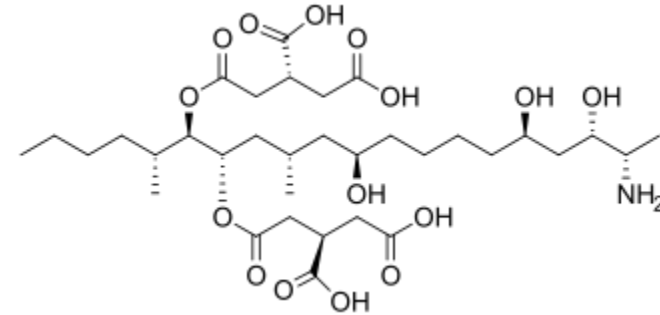
- La ocratoxicosis se ha encontrado raramente en rumiantes debido a que los microorganismos ruminales pueden hidrolizar el enlace amida de la OTA para producir OTA α , que presenta una menor toxicidad. El hecho de que se haya reportado que los animales jóvenes con rumen desarrollado se ven mucho menos afectados por la OTA que los terneros prerrumiantes indica la importancia de la degradación ruminal de la OTA (Sreemannarayana et al., 1988).
- La capacidad de desintoxicación del rumen puede verse excedida en casos de intoxicación grave (Ribelin et al., 1978).

Zearalenona



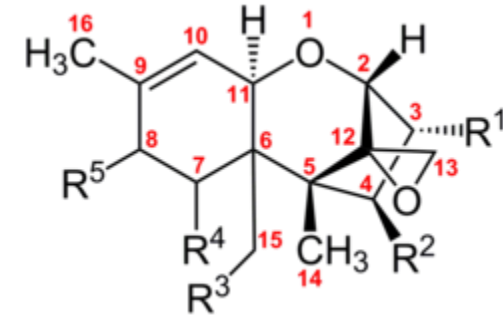
- La Zearalenona (ZEA) es un compuesto fitoestrogénico (Diekman y Green, 1992). Es causada por varias especies de Fusarium. *F. graminearum* es la especie principal responsable de los efectos estrogénicos en animales de granja (Marasas, 1991).
- Los principales efectos de la ZEN son problemas reproductivos y cambios físicos en los órganos genitales similares a los inducidos por el estradiol: edemas e hipertrofia de los órganos genitales en hembras prepúberes, disminución de la tasa de supervivencia embrionaria en hembras gestantes, disminución de la producción de hormona luteinizante (LH) y progesterona, que afecta la morfología de los tejidos uterinos, disminución de la producción de leche, feminización de machos jóvenes debido a la disminución de la producción de testosterona, infertilidad y morbilidad perinatal. Los cerdos son muy susceptibles a la intoxicación por ZEN, mientras que los pollos y el ganado bovino muestran una menor sensibilidad (Coloumbe, 1993).
- ZEA se produce en cantidades pequeñas en condiciones naturales por tanto se asume que son cantidades insuficientes para causar problemas en los rumiantes (Guerre et al., 2000). Sin embargo, se ha demostrado que el ZEA a ciertos niveles causa infertilidad en ovejas en pastoreo en Nueva Zelanda (Towers et al., 1993).

Fumonisin



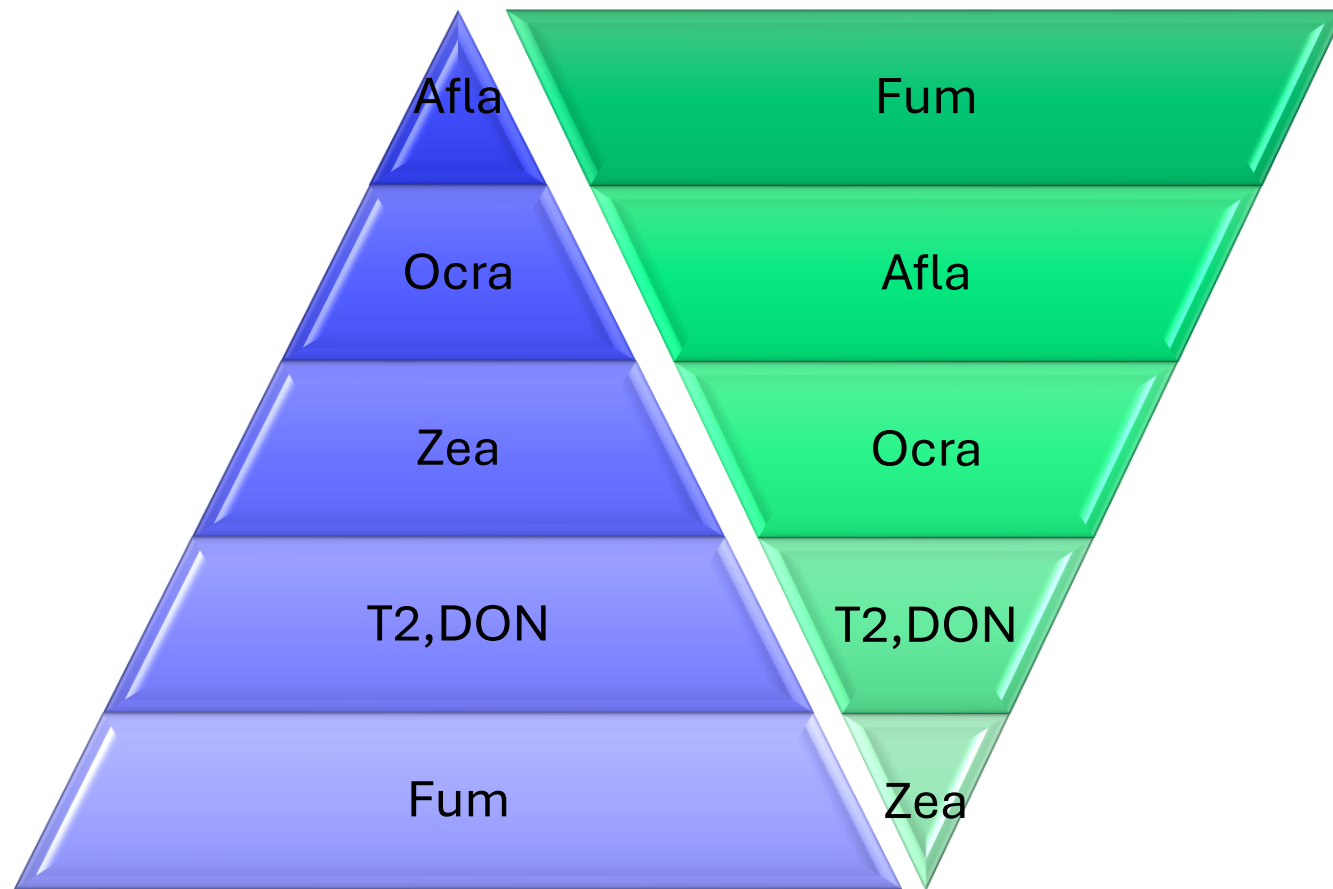
- Las fumonisinas afectan principalmente a caballos, cerdos y aves de corral, y los rumiantes parecen ser mucho menos sensibles a este tipo de contaminación (Yiannikouris y Jouany, 2002). Sin embargo, el trigo contaminado con fusarium, administrado a vacas lecheras, provocó una mayor degradación de la proteína cruda y un menor porcentaje de propionato en el rumen (Tiemann y Danicke, 2007).
- Las fumonisinas causan lesiones profundas en el hígado, el tracto gastrointestinal, el sistema nervioso y los pulmones. Dosis agudas de fumonisinas en cerdos pueden inhibir la actividad de los macrófagos pulmonares, responsables de la eliminación de patógenos, lo que provoca edema pulmonar (Harrison et al., 1990).
- En los caballos, la contaminación se manifiesta como lesiones neurológicas graves que provocan problemas locomotores y ataxia (Yiannikouris y Jouany, 2002). Las fumonisinas inhiben la síntesis de ceramidas a partir de la esfinganina, bloqueando así la biosíntesis de los complejos de esfingolípidos. Por lo tanto, la cantidad de esfinganinas aumenta y se bloquea su reciclaje, lo que provoca disfunción celular seguida de muerte celular (Riley et al., 1998).

Tricotecenos



- Los tricotecenos incluyen la toxina T-2, el diacetoxiscirpenol (DAS), el deoxinivalenol (DON o vomitoxina) y el nivalenol. Tanto la toxina T-2 como el DAS son los más tóxicos. Se ha demostrado que los cerdos y las aves de corral son muy sensibles a la toxina T-2, DON (Friend et al., 1992).
- Se ha informado que los tricotecenos son posibles agentes de guerra biológica. Por ejemplo, en una investigación sobre agentes de guerra biológica en Camboya entre 1978 y 1981, se aislaron la toxina T-2, el DON, el ZEN, el nivalenol y el DAS de muestras de agua y hojas recolectadas en las zonas afectadas (Watson et al., 1984). Estas toxinas causan pérdida de peso, vómitos, problemas cutáneos graves y hemorragias, y en algunos casos pueden ser responsables de la muerte de animales (Yiannikouris y Jouany, 2002). Al igual que las aflatoxinas, poseen propiedades inmunosupresoras que actúan tanto sobre el sistema inmunitario celular como sobre el número de macrófagos, linfocitos y eritrocitos. Se sabe que la T-2 y el deoxinivalenol (DON) inhiben la síntesis de proteínas y causan la muerte celular en diversas partes del cuerpo.

POLARIDAD



TAMAÑO

Respecto a la especie de destino de la materia prima

Los efectos biológicos de las micotoxinas dependen de la cantidad ingerida, la variedad de toxinas presentes, el tiempo de exposición a las micotoxinas y la sensibilidad del animal. Además, las micotoxinas pueden inducir problemas de salud específicos de cada toxina o suprimir el sistema inmunitario de los animales, lo que favorece las infecciones virales o bacterianas.

MICOTOXICOSIS – SIGNOS CLINICOS

MYCOTOXINA



Aflatoxina B1

Daño hepático
Mayor mortalidad
Abortos
Baja eficiencia alimentaria
Reducción del consumo de alimento
Efectos cancerígenos

Daño hepático
Disminución del peso corporal
Pérdida de apetito
Trastornos del sistema nervioso central (patitos y pavos)
Debilidad en las patas y alas relajadas (pollitos)
Trastornos de la coagulación sanguínea
Trastorno del metabolismo de las vitaminas B y aminoácidos
Pérdida de inmunidad

Efectos cancerígenos
Daño hepático
Disminución de la producción de leche
Baja eficiencia alimenticia

Zearalenona

Vulvovaginitis
Agrandamiento del útero
Esterilidad
Atrofia testicular en verracos
Abortos
Diarrea
Pérdida de peso corporal
Lechones con patas abiertas

Menos sensible a la zearalenona

Disminución de la producción de leche
Infertilidad
Trastornos reproductivos
Reducción de la ingesta de alimento

MYCOTOXICOSIS – SIGNOS CLINICOS

MYCOTOXINA



Ochratoxina A

Insuficiencia renal grave
Poliuria (aumento de la micción)
Polidipsia (aumento de la ingesta de agua)
Dificultad para el crecimiento
Deterioro de la FCR
Diarrea

Daño renal
Polidipsia (aumento de la ingesta de agua)
Mala calidad de la cáscara del huevo
Disminución de la producción de huevos
Disminución de la ingesta de alimento
Inmunosupresión

Menos sensible a la ocratoxina A

Trichotecenes

Hemorragia y enteritis
Reducción de la ingesta de alimento
Vómitos
Rechazo total del alimento
Inmunosupresión

Lesiones orales y dérmicas
Disminución del peso del huevo
Aumento del número de huevos de cáscara blanda
Inmunosupresión
Disminución del rendimiento

Inmunosupresión en terneros
Disminución de la producción de leche
Reducción del contenido proteico en la leche
Reducción del consumo de alimento

MYCOTOXICOSIS – CLINICAL SIGNS

MYCOTOXINA



Fumonisin

Edema pulmonar porcino (EPP), que afecta a pulmones y corazón. En niveles bajos, se pueden observar daños en el hígado y el páncreas, así como inmunosupresión. Reducción de la ganancia de peso (por encima de 2 ppm), aumento del índice de conversión (ICA) y reducción del rendimiento.

Reducción del aumento de peso
Disminución del rendimiento

Nefrotóxico
Hepatotóxico

IMPLICACIONES DE LA EXPOSICIÓN ALIMENTARIA A LAS MICOTOXINAS EN EL VACUNO LECHERO

Rentabilidad económica

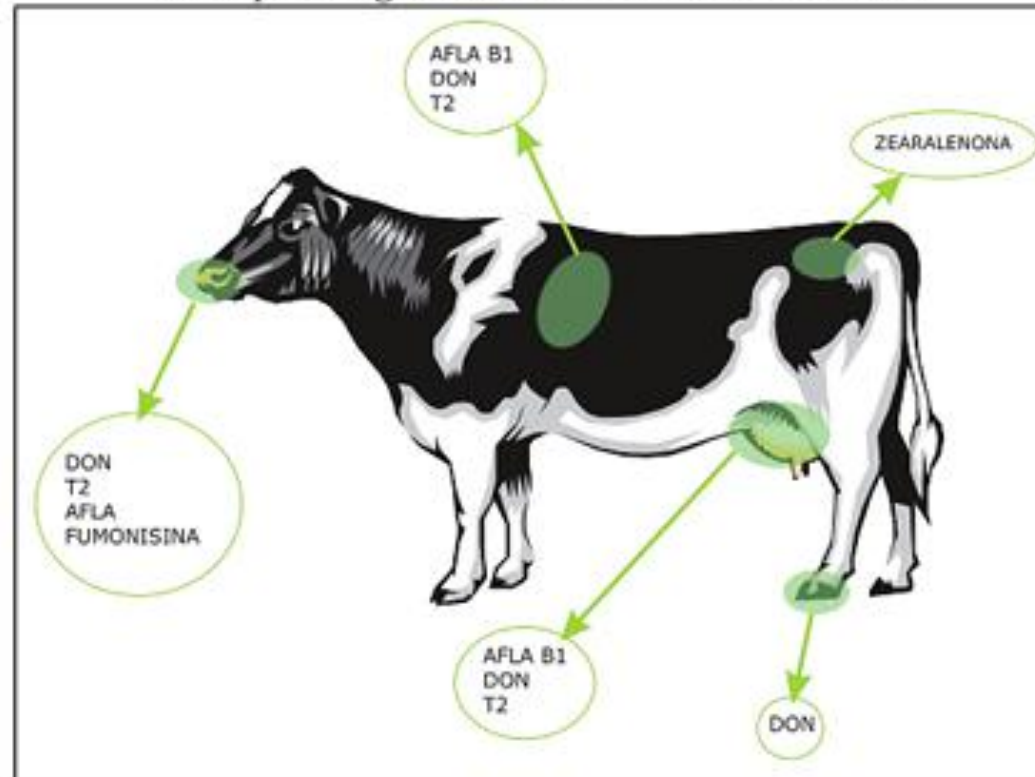


Reducción de consumo de alimento



Alteración del rumen y del microbioma intestinal
Inflamación y lesiones de la mucosa intestinal
Hematestesia

Principales lugares de acción de las micotoxinas



Costes veterinarios

Abortos embrionarios
Retrasos en la ovulación
Alteración del ciclo estral
Lesiones ováricas
Fallo de la función placentaria
Embriopatías (malformaciones)

Endometritis



El deoxinivalenol (DON) y otros tricotecenos pueden interferir en la síntesis de proteínas, lo que puede reducir el conteo de glóbulos blancos y su condición y también limitar la producción de importantes mediadores inflamatorios. Además, algunos ergots y tricotecenos pueden causar lesiones dérmicas y necrosis gangrenosa que alteran la integridad del pezón

Aflatoxina, Zearalenona u Ocratoxina, puede interferir con la producción de estrógeno y progesterona, perjudicando el desarrollo normal de los folículos ováricos y aumentando la probabilidad de formación de quistes.



LIMITES REGULATORIOS

Los límites regulatorios para micotoxinas impuestos por la FDA reflejan que los rumiantes son menos susceptibles a las micotoxinas. Los límites máximos tolerables de micotoxinas, según lo indicado por la FDA, son más altos en rumiantes que en cerdos y aves de corral.

Aflatoxina

Cerdos en etapa de engorde son de 200 ppb,

Ganado vacuno en etapa de engorde son de 300 ppb.

Ganado inmaduro, aves de corral y ganado lechero, 20 ppb.

El nivel de acción de la FDA para la aflatoxina M1 en la leche es de 0.5 partes por mil millones (ppb).

Fumonisin

Rumiantes 60 ppm

Cerdos 10 ppm

DON para

Ganado vacuno es de 10 ppm

Otros animales 5 ppm

La FDA no ha emitido ninguna recomendación ni nivel regulatorio para la ocratoxina, pero varios hallazgos de investigación indican que los rumiantes la toleran bien debido a su biodegradación por microbios/enzimas ruminales.

LIMITES REGULATORIOS

La Union Europea tiene limites diferentes a los de la FDA, por citar algunos ejemplos

Aflatoxina

En leche para la unión Europea el limite es 0.050µg/kg (ppb)

Zearalenona

350 ppb en maíz sin transformar, sin importar la especie de destino

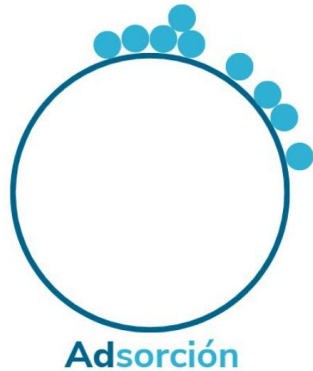
DON

1000 ppb en cereales cereales sin transformar

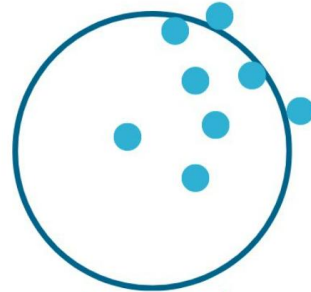
Ocratoxina

5ppb en cereales sin transformar.

Definiciones rápidas



Adsorción



Absorción

Diferencia entre Adsorción y Absorción

La **adsorción** es un proceso por el cual átomos, iones o moléculas son atrapadas o retenidas en la superficie de un material, en contraposición a la **absorción**, que es un fenómeno de volumen.

La **desorción** es un fenómeno por el cual una sustancia se libera desde o a través de una superficie. El proceso es el opuesto a la sorción (es decir, adsorción o absorción). Esto ocurre en un sistema que se encuentra en el estado de equilibrio de sorción entre la fase global (fluida) y una superficie de adsorción (sólido o límite que separa dos fluidos). Cuando se reduce la concentración (o presión) de la sustancia en la fase global, parte de la sustancia absorbida cambia al estado global (o fluido).

Eficacia y selectividad de 13 atrapantes comerciales de micotoxinas del mercado Latinoamericano

PATENT CO. DOO., Vlade Četkovića 1A, 24 211, Mišćevo, Serbia

Gómez-Osorio L-M, Raj J, Farkaš H, Grubješić G, Vasiljević M.

Puntos a observar:

- ¿Conozco la eficacia de mi atrapante?
- ¿Uso un atrapante mejor o peor que el promedio?
- Eficacia general de los atrapantes Vs T-2
- Interacción con vitamina B1 y B6
- Interacción con Lisina



Nombre de la muestra	Eficacia de la fijación de micotoxinas [%]					Fijación de vitaminas [%]				Fijación de aminoácidos [%]		
	AFB1	FB1	Toxina T-2	ZEN	OTA	Vit B1	Vit B3	Vit B6	L-Lisina	L-treonina	DL-metionina	L-triptófano
A	99.8	53.7	3.4	21.2	20.2	97.1	6.3	16.6	8.8	2.3	2.2	7.1
B	99.8	68.6	41.8	72.6	62.8	63.7	6.7	15.4	6.4	2.2	1.8	7.2
C	95.5	17.9	1.9	52.0	46.9	76.2	3.3	6.3	6.6	0.9	0.8	5.0
D	99.8	46.0	3.5	22.6	22.1	28.0	4.4	4.3	3.1	3.5	3.1	0.6
E	99.8	59.5	32.6	63.2	54.7	33.2	4.3	9.3	4.9	2.6	2.5	7.5
F	99.8	53.4	3.6	23.7	30.9	83.6	7.1	17.9	8.6	0.2	1.1	6.0
H	99.8	47.4	4.7	20.6	24.7	17.9	3.3	2.8	0.5	0.9	1.3	2.3
I	99.8	85.9	61.8	82.2	74.2	4.9	3.0	2.0	1.2	1.2	0.8	1.5
J	99.8	52.6	11.5	53.0	54.6	55.8	5.8	18.5	5.9	1.0	1.8	6.9
K	99.8	64.5	26.0	51.2	59.5	93.1	14.7	34.3	7.5	1.4	1.4	3.5
L	99.8	88.3	73.4	94.2	92.5	6.8	3.7	0.9	1.6	1.0	0.7	3.2
M	99.8	69.5	49.9	75.2	61.6	63.6	4.2	7.3	4.1	2.3	2.6	5.7
N	98.4	43.1	7.3	46.6	45.3	95.2	10.8	19.7	10.8	1.9	2.1	7.5
avg.	99,4	57,7	24,7	52,2	50,0	55,3	6,0	11,9	5,4	1,6	1,7	4,9
SD												
min.	95.5	17.9	1.9	20.6	20.2	4.9	3.0	2.0	0.5	0.9	0.8	0.6
máx.	99.8	88.3	73.4	94.2	92.5	97.1	14.7	34.3	10.8	3.5	3.1	7.5

Dos resultados de muestras colectadas en Costa Rica en Julio 2025

Analysis: Analysis and Quantification of Mycotoxins by Agilent 6460c LC-MS/MS

Results:

Binding at pH 3.0 (0.1 M Citrate buffer); 60 min at 37°C:

Laboratory serial number	Sample name	Adsorption [%], 2ppm					
		DON	AB 1	FB 1	T-2	ZEN	OTA
S25 09 481		3.1	99.9	99.9	25.2	52.3	70.5
S25 09 482		2.3	99.9	85.4	4.2	18.9	36.0

Desorption at pH 6.5 (0.1M Phosphate buffer); 30 min at 37°C:

Laboratory serial number	Sample name	Desorption [%]					
		DON	AB 1	FB 1	T-2	ZEN	OTA
S25 09 481		N.A.	0.1	48.8	30.7	11.6	36.1
S25 09 482		N.A.	0.1	51.0	N.A.	19.6	44.5

^a
Comment: N.A. – not tested, because there is no adsorption.

¿Dudas o preguntas?

PATENT CO. *agromed*
members of  **RWA**

Muchas gracias por su atención.

indira.colunga@patent-co.com

PATENT CO. *agromed*

members of  **RWA**

Referencias

- Proposal of a comprehensive definition of modified and other forms of mycotoxins including “masked” mycotoxins Michael Rychlik & Hans-Ulrich Humpf & Doris Marko & Sven Dänicke & Angela Mally & Franz Berthiller & Horst Klaffke & Nicole Lorenz
- Mycotoxins and Their Biotransformation in the Rumen: A Review* Santi Devi Upadhaya, M. A. Park and Jong K. Ha
- Microbiological Decontamination of Mycotoxins: Opportunities and Limitations. Faculty of Biotechnology and Food Sciences, Institute of Fermentation Technology and Microbiology, Lodz University of Technology, Wólczańska 171/173, 90-530 Lodz, Poland Toxins 2021, 13(11), 819; <https://doi.org/10.3390/toxins13110819>
- Prevalences of aflatoxin (AFM1) in raw milk: A review May 2025 BIO Web of Conferences 177:14
https://www.researchgate.net/publication/391988007_Prevalences_of_aflatoxin_AFM1_in_raw_milk_A_review



Encuesta conferencia Ing. Indira
Colunga



30° ANIVERSARIO  CÁMARA
NACIONAL DE
PRODUCTORES DE
LECHE
COSTA RICA
**Congreso Nacional
LECHERO**
05-06 de Noviembre 2025 - Hotel Wyndham Herradura

¡Su opinión cuenta!

Califique la conferencia