

# Detoxificación de micotoxinas: ciencia vs marketing

**Desde hace algún tiempo, la palabra micotoxina es habitual en los artículos relacionados con la producción animal. Las micotoxinas, metabolitos secundarios de algunas cepas de hongos, son sustancias potencialmente tóxicas que afectan a la salud cuando son ingeridas. Sus efectos tóxicos son variables dependiendo de su estructura química, concentración, duración de la exposición, especie animal, estado de los animales y combinación de diferentes micotoxinas.**



**M. A. Rodríguez**  
Technical Manager  
Europe  
Olmix

Debido a las interacciones existentes entre las propias micotoxinas, así como el efecto inmunosupresor de las mismas, los niveles tóxicos en condiciones de campo han demostrado ser muy inferiores a los obtenidos en condiciones experimentales (Roquet y González, 2005).

Una de las razones por las que cada día es más frecuente el tema de las micotoxinas en producción animal, es por su incidencia creciente en los últimos años. El comercio internacional, el cambio climático, y un mayor control y conocimiento de estas sustancias, han hecho que aumente la concienciación sobre su existencia y del riesgo que suponen para la sanidad y para la productividad de la ganadería. En dos artículos publicados recientemente (Martínez *et al.*, 2008; 2009) en los que se analizan piensos completos y materias primas recogidas en diferentes explotaciones ganaderas, y mayoritariamente de empresas nacionales productoras de piensos en 2007 y 2008, se constata la presencia de micotoxinas en prácticamente todas las muestras analizadas. En 2007, el 43% de las muestras analizadas dieron valores altos (> 100 ppb) en Zearalenona, el 48% dieron valores altos (> 100 ppb) en Deoxynivalenol (DON), y el 39% presentó valores altos (> 50 ppb) en Toxina T2. Se destaca la estacionalidad de estos resultados, encontrándose valores más altos de Zearalenona en los meses de final del verano y otoño, niveles más altos de DON en los últimos meses del año y niveles más altos para Toxina T2 en primavera y otoño.

Además, un 14% de las muestras que presentan una concentración alta para Zearalenona también presentaron una concentración de T2 alta; un 20% de las

muestras que presentaron una concentración alta de DON también presentaron una concentración alta de T2; el 23% de las muestras que presentaron una concentración de Zearalenona alta también presentaron una concentración alta de DON. El porcentaje de muestras contaminadas con las tres micotoxinas fue del 22%. No hay que olvidar el efecto sinérgico que presentan las micotoxinas al estar presentes a la vez en un pienso completo o materia prima contaminada. El estudio de estos efectos sinérgicos cobra cada día mayor interés debido a su capacidad de provocar efectos tóxicos con mayor grado de severidad a unas concentraciones muy inferiores a las descritas en la bibliografía.

En estudios recientes con vacas lecheras, J. Fink-Gremmels, de la Universidad de Utrecht (Holanda), ha constatado que el grado de detoxificación de micotoxinas en el rumen de las vacas de leche es menor del que se creía. Además, estas micotoxinas tienen un efecto perjudicial sobre algunas bacterias del rumen, provocando desequilibrios en la flora ruminal que pueden conducir a enfermedades crónicas, problemas digestivos, acidosis y mastitis.

En un estudio alemán (Keese *et al.*, 2008) se fijaron en los patrones ruminales y en los parámetros del metabolismo ácido-base de la orina bajo la influencia de la proporción de concentrado en la ración de vacas lecheras con y sin triticale contaminado por toxinas de *Fusarium*. En el grupo "Myco" (contaminado con *Fusarium*) se alimentaron 13 vacas Holstein al inicio de la lactación con una ración total que contenía un 50% de concentrado y un contenido medio de DON de 5,3 mg/kg de materia seca. Esta ali-

mentación provocó alteraciones en los patrones de fermentación ruminal (menor porcentaje molar de acetato e isobutirato, mayor porcentaje molar de valerato) en comparación con las 14 vacas del grupo control. El grupo que recibió las micotoxinas tuvo un pH ruminal significativamente más bajo en las semanas 4 y 8, y un menor pH mínimo crítico para desarrollar acidosis subaguda. Otros efectos adicionales se observaron en el perfil de ácidos grasos de cadena corta en presencia de toxinas de *Fusarium*. Esto indica un cambio en la comunidad microbiana debido a los efectos directos y/o indirectos de las alteraciones en las propiedades físico-químicas del cereal infectado sobre la microflora ruminal relacionadas con la infección por *Fusarium*.



#### Eficacia de los agentes detoxificadores de micotoxinas

La demostración de la efectividad de un potencial agente detoxificador de toxinas en un alimento contaminado se lleva a cabo a menudo primero en condiciones *in vitro*. Los sistemas *in vitro* clásicos utilizados para ese propósito son sencillos pero distan mucho de las condiciones naturales *in vivo*. Factores importantes relacionados con la digestión y el destino de los compuestos alimenticios durante el paso por el tracto gastrointestinal son la composición y el pH de los contenidos gástricos e intestinales, las condiciones de tránsito gastrointestinal y la actividad bioquímica (enzimas) y de la microflora intestinal en el tracto gastrointestinal. Las actividades de esos factores a través del tracto gastrointestinal son procesos dinámicos. Por ello, los procesos no pueden ser simulados en modelos estáticos in

vitro. Para demostrar en las condiciones más reproducibles y fiables la eficacia *in vitro* de un secuestrante, se puede utilizar el modelo gastrointestinal del TNOTIM-1 ([www.tno.nl](http://www.tno.nl)).

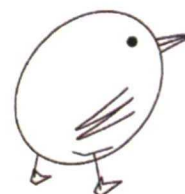
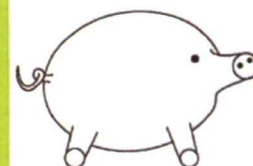
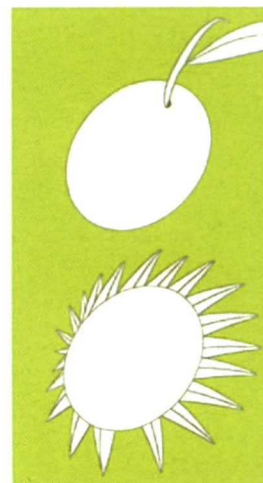
Los modelos TNO gastrointestinales simulan en gran nivel los procesos dinámicos sucesivos en el estómago y el intestino delgado (TIM 1) y en el intestino grueso (TIM 2). Estos modelos son herramientas únicas para estudiar el destino de los componentes de un alimento durante el paso a través del tracto gastrointestinal. Ya que el principal lugar de absorción de micotoxinas es la parte proximal del intestino delgado, lo aconsejable es testar estos productos en el sistema TIM-1, el sistema TNO dinámico y multicompartmental de estó->>

**RIOSA**

**OLEÍNAS VEGETALES**  
**PARA ALIMENTACIÓN ANIMAL**  
**soja girasol orujo oliva palma**

**de la vida ... para la vida!**

riosa@riosa.com www.riosa.com  
 tel. 953692000 fax 953692205



**Cuadro I. Capacidad *in vitro* de algunos materiales adsorbentes no nutritivos de adsorber DON y NIV. Los adsorbentes se testaron en diferentes soluciones tampón y a diferentes concentraciones de micotoxinas (extraído de Avantaggiato *et al*, 2004).**

	Porcentaje de micotoxina adsorbida (media $\pm$ S.D., n=3)				
	pH	DON (2 $\mu$ g/ml)	DON (10 $\mu$ g/ml)	NIV (2 $\mu$ g/ml)	NIV (10 $\mu$ g/ml)
Combinación de HSCAS con illita y clorita	3	11 $\pm$ 1	3 $\pm$ 2	10 $\pm$ 0	1 $\pm$ 1
	8	1 $\pm$ 0	10 $\pm$ 2	4 $\pm$ 1	11 $\pm$ 1
Betaglucano esterificado de la pared de levaduras	3	18 $\pm$ 5	0 $\pm$ 0	6 $\pm$ 4	1 $\pm$ 0
	8	3 $\pm$ 3	9 $\pm$ 5	10 $\pm$ 3	7 $\pm$ 5
Glucomanano	3	1 $\pm$ 3	0 $\pm$ 1	2 $\pm$ 2	1 $\pm$ 0
	8	1 $\pm$ 6	12 $\pm$ 1	3 $\pm$ 1	14 $\pm$ 5
Combinación sustancias minerales	3	0 $\pm$ 1	16 $\pm$ 2	0 $\pm$ 1	11 $\pm$ 1
	8	4 $\pm$ 1	10 $\pm$ 1	4 $\pm$ 0	10 $\pm$ 0
Aluminosilicato sintético	3	3 $\pm$ 8	10 $\pm$ 1	4 $\pm$ 7	11 $\pm$ 0
	8	0 $\pm$ 1	11 $\pm$ 1	4 $\pm$ 1	11 $\pm$ 1
Aluminosilicato	3	9 $\pm$ 0	16 $\pm$ 2	11 $\pm$ 1	13 $\pm$ 4
	8	1 $\pm$ 2	10 $\pm$ 0	3 $\pm$ 0	10 $\pm$ 1
Combinación de arcillas, enzimas detoxificadores y extractos de plantas y algas	3	9 $\pm$ 0	9 $\pm$ 1	9 $\pm$ 1	10 $\pm$ 1
	8	1 $\pm$ 2	13 $\pm$ 1	7 $\pm$ 1	13 $\pm$ 1
Aluminosilicato hidratado de calcio y sodio (HSCAS)	3	9 $\pm$ 1	11 $\pm$ 0	11 $\pm$ 1	12 $\pm$ 0
	8	0 $\pm$ 0	12 $\pm$ 1	0 $\pm$ 0	11 $\pm$ 1
Colestiramina	3	4 $\pm$ 3	7 $\pm$ 5	5 $\pm$ 3	7 $\pm$ 4
	8	10 $\pm$ 1	4 $\pm$ 7	12 $\pm$ 2	5 $\pm$ 7
Florisil	3	5 $\pm$ 6	9 $\pm$ 6	7 $\pm$ 6	9 $\pm$ 6
	8	9 $\pm$ 2	11 $\pm$ 0	10 $\pm$ 2	10 $\pm$ 0
Celita	3	4 $\pm$ 3	5 $\pm$ 7	3 $\pm$ 1	5 $\pm$ 7
	8	1 $\pm$ 2	10 $\pm$ 1	2 $\pm$ 1	10 $\pm$ 1
Zeolita	3	5 $\pm$ 4	2 $\pm$ 1	3 $\pm$ 1	1 $\pm$ 0
	8	2 $\pm$ 1	3 $\pm$ 1	2 $\pm$ 1	0 $\pm$ 0
Bentonita	3	2 $\pm$ 2	9 $\pm$ 5	4 $\pm$ 1	9 $\pm$ 6
	8	3 $\pm$ 2	13 $\pm$ 2	3 $\pm$ 2	10 $\pm$ 1
Carbón activo	3	84 $\pm$ 2	59 $\pm$ 5	62 $\pm$ 3	33 $\pm$ 7
	7	84 $\pm$ 0	52 $\pm$ 1	60 $\pm$ 0	23 $\pm$ 1
	8	95 $\pm$ 9	57 $\pm$ 5	63 $\pm$ 1	30 $\pm$ 6

magro e intestino delgado. Este modelo controlado por ordenador simula las condiciones dinámicas sucesivas en el compartimiento gástrico y en los tres compartimentos sucesivos del intestino delgado. En este sistema gastrointestinal las condiciones son condiciones digestivas simuladas del cerdo tras la ingesta de alimento. La disponibilidad de absorción (bioaccesibilidad) de las micotoxinas del yeyuno e ileon se mide durante el tránsito gastrointestinal del alimento porcino contaminado simulando las condiciones gastrointestinales de cerdos jóvenes destetados en el sistema TIM-1.

Avantaggiato, del CNR Institute of Sciences of Food Production (ISPA) en Italia, ha realizado numerosas pruebas con este sistema para evaluar la eficacia de diferentes secuestrantes comerciales y sustancias potencialmente útiles como secuestrantes (Avantaggiato *et al*, 2003; 2004; 2007). En una de ellas, realizada en 2004, se hizo una exploración *in vitro* de 14 materiales adsorbentes (incluidos algunos productos comerciales utilizados para detoxificar micotoxinas de *Fusarium*), testados en un rango de pH de 3 a 8, para estudiar la capacidad de adsorber Deoxynivalenol (DON) y Nivalenol

**Cuadro II. Reducción de las concentraciones de ZON y DON (% comparado con el control) en el sobrenadante de la solución tampón por varios agentes detoxificantes en el test de detoxificación *in vitro* (media y SD de 4 réplicas independientes) (Extraído de Döll *et al*, 2004).**

Producto	ZON		DON	
	Media	SD	Media	SD
Carbón activo	100 <sup>a</sup>	0	67 <sup>a</sup>	6
Colestiramina	94 <sup>b</sup>	1	10 <sup>b</sup>	15
Aluminosilicato modificado	81 <sup>c</sup>	6	17 <sup>b</sup>	16
Aluminosilicato modificado	55 <sup>d</sup>	1	1 <sup>b</sup>	2
Betaglucano esterificado extraído de paredes de levadura	24 <sup>e</sup>	1	24 <sup>b</sup>	18
Extractos de levaduras con zeolita activada	20 <sup>ef</sup>	4	0 <sup>b</sup>	5
Combinación de aluminosilicatos, enzimas detoxificantes y extractos de plantas y algas	17 <sup>f</sup>	2	1 <sup>b</sup>	4
Bentonita	13 <sup>f</sup>	12	1 <sup>b</sup>	1
Acido de sílice coloidal con minerales de arcilla añadidos	5 <sup>g</sup>	1	21 <sup>b</sup>	31
Combinación de enzimas y minerales adsorbentes	5 <sup>f</sup>	2	2 <sup>b</sup>	3

Valores en la misma columna con superíndices distintos son significativamente diferentes (P<0,05).

(NIV). Los resultados se pueden ver en el Cuadro I. Sólo el carbón activo se mostró como efectivo, con una capacidad de adsorción de 35,1  $\mu\text{mol}$  y 8,8  $\mu\text{mol}$  de DON y NIV/g de adsorbente, respectivamente, calculado de las isotermas de adsorción.

Luego se usó el modelo dinámico de simulación TIM para evaluar la absorción en intestino delgado de DON y NIV, y la eficacia del carbón activo en reducir de manera relevante esta absorción intestinal. La absorción intestinal de DON y NIV en este sistema fue del 51% y 21% respectivamente, y la mayor parte de la absorción se produjo en el compartimento del yeyuno para ambas micotoxinas. La inclusión de carbón activo produjo una reducción significativa de la absorción intestinal de estas micotoxinas. A una dosis de inclusión del 0,5 al 2% la absorción intestinal con respecto al con-

“ En diversos estudios se constata la presencia de micotoxinas en prácticamente todas las muestras analizadas

trol se redujo del 29 al 45% para DON y del 23% al 41% para NIV. La capacidad de adsorción del carbón activo para estos tricocenos fue menor que la observada para zearalenona (ZON), una micotoxina que suele aparecer junto con ellos en los cereales contaminados naturalmente.

En estudios realizados anteriormente por Döll *et al* (2004), en los que se desarrolló un sistema *in vitro* simple para estudiar la eficacia de agentes detoxifi- >>



**Muy ligeras**  
PU: más ligero que pvc o goma

**Termo-aislantes**  
pies frescos en verano, calientes en invierno

**3X**  
Duraderas  
duran hasta 3 o 4 veces más

**Más confortables**  
horma más ancha

**Más seguras**  
puntera más alta

Un **Xperto**  
en el trabajo



**BEKINA**  
boots built to last.

**stepliteX**

**MONTEMAR**  
TEL 942 341 817

**proa**  
PROTECCION LABORAL  
TEL 985 985 827

WWW.BEKINA.BE  
INFO@BEKINA.BE

cantes de micotoxinas comerciales y sustancias adsorbentes, como aditivos para pienso para detoxificar DON y ZON *in situ*, se simularon las condiciones del tracto gastrointestinal porcino (pH, temperatura y velocidad de tránsito). Los productos comerciales no fueron efectivos en detoxificar DON y ZON bajo las condiciones aplicadas, mientras que el carbón activo fue capaz de adsorber las dos micotoxinas, reduciendo las concentraciones de ZON y DON en el sobrenadante de la solución tampón en un 100% y en un 67%, respectivamente. Los resul-

por un lado, e incrementando al mismo tiempo el espectro de micotoxinas que pueden ser adsorbidas. Este proceso está patentado y es 100% ecológico. Al testar este nuevo material en el TNO utilizando el sistema TIM-1 descrito anteriormente, los resultados fueron incluso mejores que los conseguidos con el carbón activo, ya que consiguió inhibir la bioaccesibilidad del DON hasta el 40% en comparación con el control utilizando el producto al 0,1%, en vez del 2% de carbón activo necesario para reducir un 45%. Además, la utilización de este producto no inhibió la digestibilidad de la proteína y los carbohidratos, ni modificó negativamente la bioaccesibilidad de la vitamina B1 y B2 (Demais y Havenaar, 2006).

### Conclusión

Nueve mil millones de habitantes sobre el planeta Tierra en el año 2050. La alimentación de la población es un reto no sólo desde el punto de vista cuantitativo sino también cualitativo. Garantizar alimentos sanos y libres de agentes potencialmente nocivos y en cantidad suficiente para alimentar a toda la humanidad es un reto que exige cambios y esfuerzos de todos los actores de la cadena alimentaria. La globalización y el comercio internacional permiten hacer acopio de materias primas en cualquier parte del mundo y transportarlas hasta el lugar de consumo. Estas prácticas, el cambio climático, las condiciones de almacenamiento y la industrialización de la producción ganadera han incrementado el riesgo de presencia de micotoxinas en los alimentos.

La utilización de detoxificadores de micotoxinas en el pienso, junto con un código de buenas prácticas para minimizar su producción, son las únicas herramientas posibles para reducir el impacto de las micotoxinas en toda la cadena alimentaria: reducción de la productividad de los animales de granja y problemas sanitarios en los humanos.

Por tanto, y a la vista de los resultados obtenidos en los estudios a los que se ha hecho referencia en este artículo, la elección de un detoxificador realmente efectivo es pieza clave en este proceso y debe hacerse siguiendo criterios estrictos de eficiencia en su función, exigiendo resultados productivos y olvidando, definitivamente, los actos de fe. ■

## La utilización de detoxificadores es una herramienta para reducir el impacto de las micotoxinas

tados de este estudio se pueden ver en el Cuadro II.

De los estudios anteriores se puede concluir que el carbón activo se muestra como uno de los mejores adsorbentes de micotoxinas, ya que el resto de productos comerciales demostraron poca eficacia en su capacidad de secuestro de las diferentes micotoxinas. En la práctica, el uso del carbón activo en alimentación animal tiene sus limitaciones. El uso de altas concentraciones de carbón activo (> 0,5%) debería evitarse para minimizar el riesgo de absorción de nutrientes así como la alteración del valor calórico/nutricional del alimento (NOSB, 2002; Ramos *et al*, 1996).

### Nuevas tecnologías, materiales modificados

Las actuales nuevas tecnologías permiten modificar algunos materiales para ser utilizados en alimentación animal, y en concreto, en el campo de los secuestrantes de micotoxinas. Existen tecnologías capaces de modificar la estructura de las arcillas a nivel nanométrico, incrementando el espacio interlaminar y así modificar sus capacidades de adsorción. Con estas modificaciones lo que se consigue es tener acceso al 100% de la superficie desarrollada de la arcilla, aumentando su capacidad de adsorción