

La inclusión en el pienso de arcillas para el control de micotoxinas es un método habitual, sin embargo no todas las arcillas han resultado ser eficaces. Se ha demostrado que para una adsorción eficaz de micotoxinas, en concreto aflatoxina y zearalenona, las arcillas deben reunir una serie de características que se describen en este artículo.

Empleo de arcillas como adsorbentes de micotoxinas en alimentación

G. Gómez*, S. Sidler*, S. Escobero*, R. Lizardo**.

*Tolsa, S.A

** IRTA. Centro Mas Bové.

MICOTOXINAS

El empleo de arcillas con la finalidad de controlar la presencia de micotoxinas depende de que la arcilla en cuestión presente una elevada superficie específica (SE) combinada con una densidad superficial de cationes de cambio (DC) con valores en torno a 0,4 meq/100 m².

Además, este bajo valor de DC permite el uso de la arcilla también a altas dosis de

inclusión sin riesgo de interferencias que pudiera reflejarse en una reducción de los rendimientos productivos.

De un conjunto amplio de diferentes arcillas, se ha seleccionado una arcilla constituida por una combinación natural de bentonita y sepiolita de alta pureza (CNBS), por reunir las características óptimas: una DC de 0,4 meq/100 m² y una SE de 130 m².

Los ensayos de tolerancia y de eficacia realizados demuestran que la arcilla CNBS a niveles de inclusión del 0,3% supone una solución segura y eficaz para la prevención de intoxicaciones no sólo de aflatoxina sino también de zearalenona, micotoxina para la cual las otras arcillas no han mostrado ser eficaces.

Prevención de la aparición de micotoxinas

La aparición de micotoxinas en los alimentos sigue suponiendo hoy en día una amenaza para la seguridad alimentaria. El control exhaustivo de los alimentos para evitar totalmente su aparición, si bien técnicamente es posible, es económicamente inviable, por lo que las soluciones van encaminadas a la aplicación de prácticas y métodos de carácter preventivo que contribuyan a garantizar que no se sobrepasen determinados límites de seguridad (Cast, 2003; Dänicke, 2002) (foto 1).



CUADRO I. Características de algunas micotoxinas de relevancia en alimentación animal.

Micotoxina	Hongo que la produce	Ambiente en que se produce	Sintomatología de la intoxicación	Principales especies ganaderas sensibles	Niveles de contaminación del pienso considerados como seguros*
Aflatoxina	Aspergillus sp.	Almacén	Carcinogénico	Rumiantes, porcino, avícola	< 25 ppb
Zearalenona	Fusarium sp.	Campo	Infertilidad, abortos	Porcino, rumiantes	< 50 ppb
Deoxynivalenol	Fusarium sp.	Campo	Vómitos, diarrea	Porcino, rumiantes	< 500 ppb

* Muy variables según especies y estado fisiológico. Los valores que se aportan son meramente orientativos.

En los últimos años, en algunas regiones de Europa, se ha asistido a una elevada contaminación de las materias primas por micotoxinas, debido a unas condiciones meteorológicas particulares, pero probablemente también por la tendencia a prácticas de mínimo laboreo y al empleo de fungicidas de alta eficacia (Fink-Gremmels, 2002).

El suministro al ganado de pienso o forraje contaminado por micotoxinas, además de poder suponer una vía de entrada de las micotoxinas a la cadena alimentaria humana, puede causar mermas productivas considerables en la ganadería.

En el **cuadro I** se resumen las características de algunas de las micotoxinas de mayor relevancia económica para la alimentación animal.

El empleo de arcillas como adsorbentes de micotoxinas

En los piensos destinados al ganado suelen emplearse determinados aditivos con capacidad para adsorber micotoxinas. La variedad de estos aditivos adsorbentes existentes en el mercado es muy elevada y su eficacia es bastante variable, creando cierto desconcierto en el formulador de piensos a la hora de decidir la inclusión de alguno de ellos.

La mayoría de estos adsorbentes son arcillas (74%), término con el que coloquialmente se denominan a los filosilicatos (**cuadro II**). También los hay de naturaleza

El control de las micotoxinas es de carácter preventivo para garantizar unos límites de seguridad

CUADRO II. Comparativa de adsorbentes (n=36) para micotoxinas (Fuente propia).

Tipo de adsorbente	Tipo de mineral	Frecuencia (%)	SE* (m ² /g)	DC** (meq/100 m ²)
HSCAS ¹	Filosilicato (Arcilla)	60	50	2
CNBS ²	Filosilicato (Arcilla)	3	130	0,4
Sepiolitas	Filosilicato (Arcilla)	3	350	0,05
Caolinitas	Filosilicato (Arcilla)	8	15	1
Mezclas de silicatos	Diversos silicatos	6	-	-
Zeolitas naturales	Tectosilicato "poroso"	14	20	8
Arcillas con compuestos	Filosilicato (Arcilla)	3	-	-
Naturaleza orgánica	-	3	-	-

* SE = superficie específica; ** DC = Densidad superficial de los cationes de cambio.

1. HSCAS= Hydrated sodium calcium aluminosilicates

2. CNBS= arcilla constituida por una combinación natural de bentonita y sepiolita de alta pureza (CNBS)

totalmente orgánica y otros que son silicatos modificados o mezclados con pequeñas cantidades de compuestos orgánicos, que se supone aumentan sinérgicamente la eficacia de protección frente a las micotoxinas. Sin embargo, en algunos casos se ha demostrado que pueden representar un riesgo por desorción del complejo "compuesto orgánico-micotoxina", pudiendo incluso acen-tuar la toxicidad de la micotoxina (Lin Lemke, 2000).

La idea que subyace en el empleo de estos productos es la de reducir la probabilidad de que algunas de las micotoxinas más frecuentes en las materias primas y los piensos, y que por tanto pueda ingerir el ganado, sean asimiladas por éste. Esto no sólo contribuye a reducir las mermas productivas, sino que además evita su paso a la cadena alimenticia, lo que es mucho más importante de cara al consumidor.

Por otra parte, los bajos niveles de inclusión en el pienso a los que resultan eficaces algunas de estos aditivos, permiten que sean empleados de modo preventivo y sistemático en las áreas de mayor incidencia de contaminación por micotoxinas.

Es por tanto absolutamente fundamental conocer el mecanismo de adsorción de las micotoxinas para conocer qué características deben reunir estos adsorbentes para adsorber eficazmente las micotoxi-

nas. En la **figura 1** se resumen algunas características de los filosilicatos.

Mecanismos de adsorción de las arcillas

Son pocas las referencias que profundizan en el meca-

La solución contundente al problema oculto de las micotoxinas

QUIMITOX® Aditivo para piensos compuestos

Quimitox® es un aluminosilicato puro de calcio y sodio hidratado, activado que adsorbe a las principales micotoxinas de forma significativa. Su adición a los piensos de aves, cerdos, conejos y rumiantes contribuye eficazmente en la prevención y control de las micotoxinas que afectan a la salud y productividad de los animales.

- Amplio espectro de acción: adsorbe y remove eficazmente las principales micotoxinas que afectan a la producción ganadera.
- Gran potencia de quemadura: Quimitox® se administra a dosis bajas debido a sus especiales características.
- No presenta toxicidad para el hombre ni para los animales.

MICOCHEM® 20 Premezcla conservante

Micochem® 20 se utiliza con gran éxito en la conservación de piensos destinados a aves, ganado porcino, rumiantes y conejos de cualquier edad.

Es un producto formulado a base de ácidos orgánicos con acción antifúngica y bactericida. Combina con la acción secuestrante de micotoxinas de Quimitox®.

POLICHEM, S.A.
LABORATORIOS

Ctra. Reus - Cambrils, Km 3. 43206 Reus (Spain) • Tel. +34 977 751 117 • Fax +34 977 755 360
polichem@polichemsa.com • www.polichemsa.com

nismo de adsorción de micotoxinas y quizá demasiadas las que recalcan la bondad de los adsorbentes frente todo tipo de micotoxinas, lo que ha conlucido en no pocas ocasiones a crear un ambiente de desconfianza hacia la eficacia de estos aditivos.

Aflatoxina

En un estudio exhaustivo de las características de los diferentes silicatos (la mayoría arcillas) y de su eficacia de adsorción de aflatoxina en condiciones in vitro, Taylor (1999) concluyó que existe una gran diferencia en la eficacia

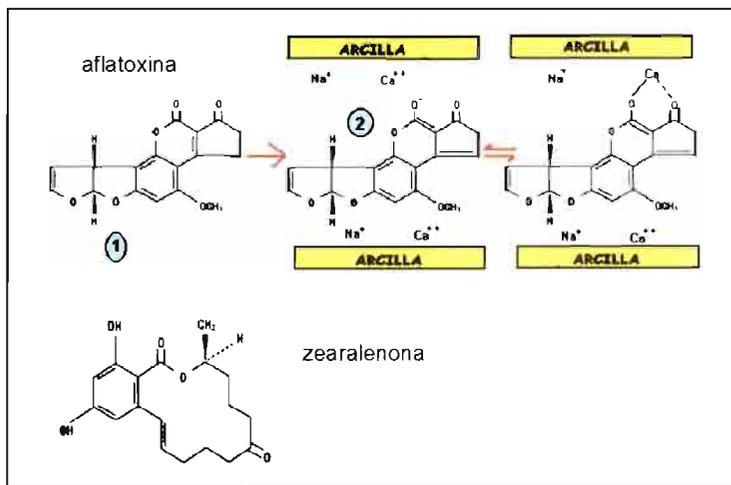


Figura 2. Estructura de la aflatoxina y de la zearalenona. Mecanismo de adsorción sobre una arcilla (ref).

de adsorción entre los diferentes silicatos.

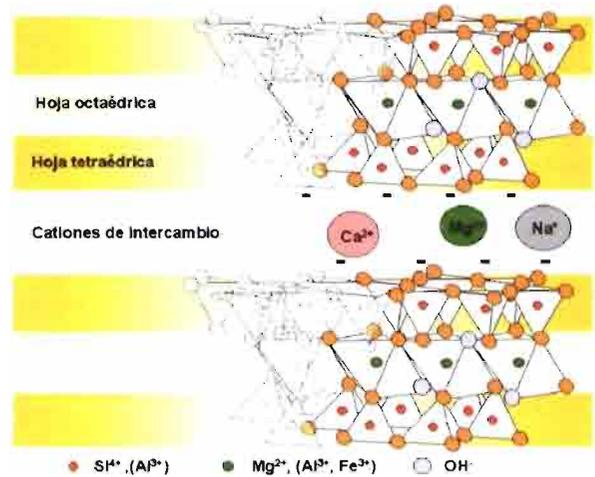
Si bien este autor no encontró una correlación entre ninguna de las propiedades fisicoquímicas de los silicatos y la eficacia de adsorción de la aflatoxina, sugirió que probablemente era una combinación compleja de estas propiedades que de forma sinérgica o antagónica determinaba la eficacia de adsorción.

El hecho de que concretamente la aflatoxina se adsorbiese de forma mucho más eficaz que otras micotoxinas lo justificaba como consecuencia de interacciones de tipo quelato que se producirían entre los cationes de cambio (fundamentalmente divalentes: Ca y Mg) de las arcillas y la región dicetónica de la aflatoxina (figura 2), así como al hecho

Figura 3. Relación entre la adsorción de aflatoxina in vitro y los cationes calcio de cambio. (Adaptado de Taylor, 1999).

Los filosilicatos están constituidos por hojas de extensión indefinida de tetraedros de $(\text{SiO}_4)^{4-}$ combinadas con hojas de octaedros de $(\text{Mg}_3(\text{OH})_6)$ o $\text{Al}_2(\text{OH})_6$. Las "hojas tetraédricas" se combinan con las "octaédricas" en relación 1:1 o 2:1, ocupando los oxígenos apicales de las primeras las posiciones de los grupos hidroxilos de las segundas.

Pueden ocurrir sustituciones iónicas de Si^{4+} por Al^{3+} , Mg^{2+} por Fe^{3+} , Al^{3+} por Mg^{2+} , etc., apareciendo cargas eléctricas libres que, en el caso de los minerales de la arcilla, se compensan por inserción de hojas de agua molecular con cationes libres: Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ .



Las características de los minerales de las arcillas que se derivan de lo dicho, son su alta superficie específica y su capacidad de intercambiar cationes libres. Se representan dos tipos de arcillas:

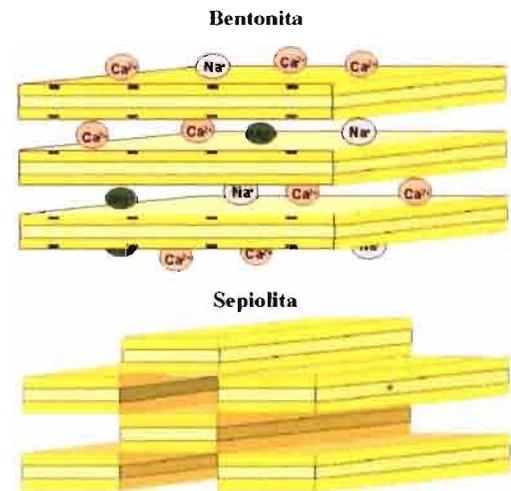
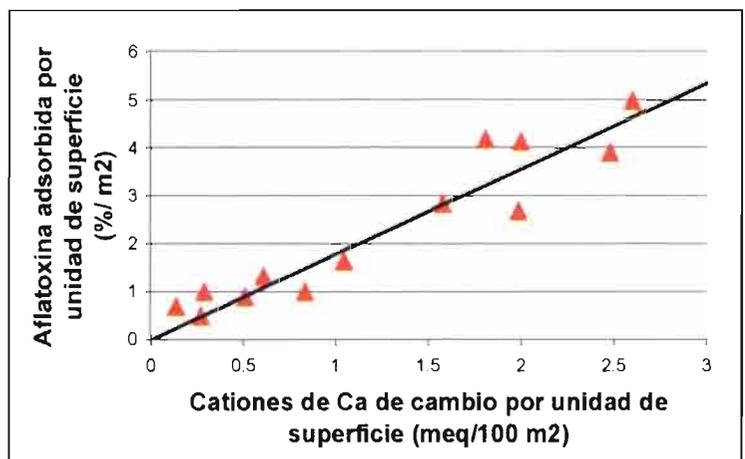


Figura 1. Características de los filosilicatos.



NIPOXYME

Colistina Sulfato



“La Gama Segura”

Segura para su ganado,
segura para usted

NIPOXYME 40 (premezcla medicamentosa)

NIPOXYME SOLUBLE 100 (polvo soluble oral)

NIPOXYME 40, premezcla medicamentosa, contiene 40 g actividad de Colistina/kg, en forma de Sulfato.

NIPOXYME SOLUBLE 100, polvo soluble oral, contiene 100 g actividad de Colistina/kg, en forma de Sulfato.

Nº de REGISTRO MAPA: 1118 ESP

Nº de REGISTRO MAPA: 1214 ESP



andersen s.a.

balmes, 436 entlo. 08022 barcelona
tel. 93 212 63 82 fax 93 211 64 72 E-mail: andersen@andersensa.com

www.andersensa.com

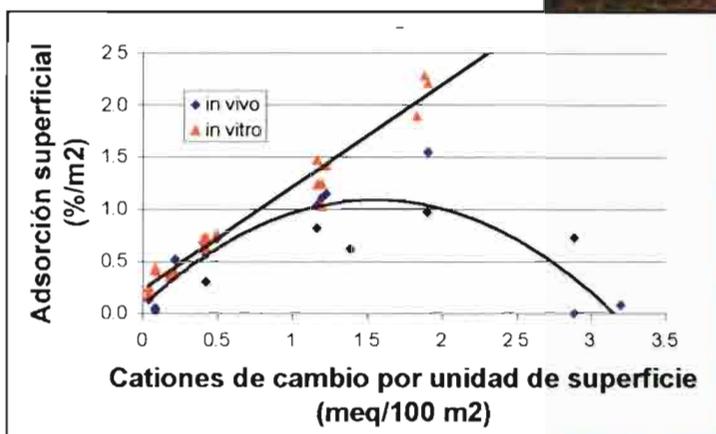


Figura 4. Relación entre la adsorción de aflatoxina in vitro e in vivo y los cationes de cambio (adaptado de Escríbano et al., 2003)



de presentar esta micotoxina una disposición relativamente rígida y prácticamente coplanar de sus átomos, lo que le permitía adaptarse mejor a la superficie laminar de los filosilicatos.

Esta hipótesis gana mucha credibilidad si observamos la representación gráfica de la eficacia de adsorción en función de la cantidad de cationes de calcio de cambio, ambas variables expresadas por unidad de superficie (figura 3). Se concluye que, en condiciones in vitro, a mayor densidad superficial de cationes de cambio (DC) mayor cantidad de aflatoxinas adsorbidas por unidad de superficie.

Sin embargo en el tracto digestivo de los animales el medio es mucho más complejo que en condiciones in vitro, por lo que cabe esperar que haya una competencia en la adsorción entre micotoxinas y otras moléculas presentes que

podiesen interactuar con los cationes de cambio de forma similar.

Guyonvarch y Magnin (2003) determinaron la eficacia de adsorción de aflatoxina de distintos productos comerciales empleados como adsorbentes de micotoxinas, tanto in vitro como con un modelo in vivo con patos y broilers (pruebas de campo en Costa de Marfil). En la figura 4 se representa estos resultados en función de las DC determinadas para los diferentes adsorbentes.

Se aprecia como las respectivas curvas de los resultados in vitro e in vivo arrancan aproximadamente en el origen del sistema de coordenadas ascendiendo linealmente, de forma coherente con la hipótesis descrita hasta ahora. Sin embargo a partir de un valor de DC entorno a 0,5 meq/100 m², el tipo de respuesta in vivo empieza a diferir de la de in vitro: incrementos sucesivos en la DC ya no mejoran proporcionalmente la eficacia de adsorción in vivo e incluso a partir de un valor entorno a 1,5 meq/100 m² la empeoran.

Una explicación a este comportamiento se podría basar en el carácter hidrofóbico de la aflatoxina, que provocaría la aparición de fuerzas repulsivas entre la molécula y la superficie de la arcilla, a medida que ésta se vuelve más hidrofílica con el aumento de la DC.

Mientras que a bajas DC predominarían las fuerzas de atracción vía formación del

quelato, a altas DC, la competencia con otras moléculas con mayor afinidad a superficies hidrofílicas acabarían por desplazar a las moléculas de aflatoxina, resultando en su conjunto una respuesta de tipo cuadrático como la representada.

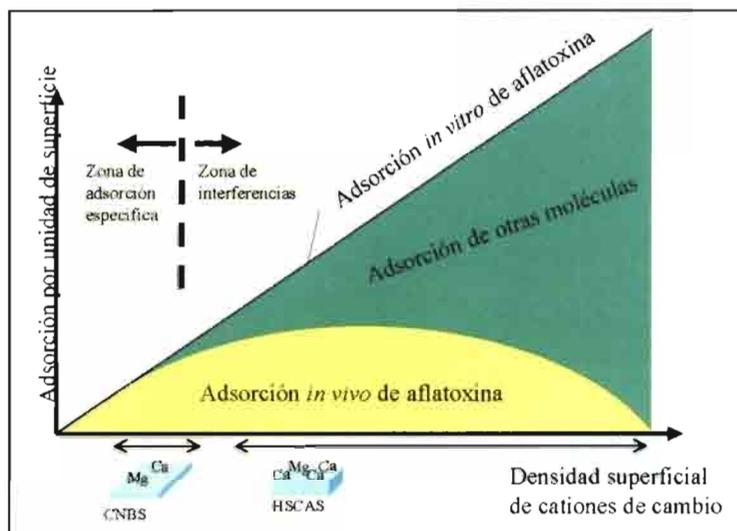
Esta hipótesis se presenta de forma esquemática en la figura 5. Se ha denominado la zona con DC por debajo del valor de 0,5 meq/100 m² como zona de adsorción específica, y la superior como zona de interferencias, al entender que son las interferencias con otras moléculas las que impiden una mayor eficacia de adsorción de la aflatoxina.

Se desconoce la naturaleza de las moléculas que interfieren, pero evidentemente no cabe descartar que puedan tratarse de nutrientes o sus metabolitos resultantes del proceso de digestión.

Por ello y como medida de precaución, al emplear arcillas con DC superiores se deben prestar especial atención a su nivel de inclusión en el pienso, con el fin de prevenir que estas interferencias se vean reflejadas en los rendimientos ganaderos.

Un aspecto importante a tener en cuenta es que al ponernos del lado de la seguridad con DC inferiores a 0,5 meq/100 m², ello no necesariamente supone bajas eficacias de adsorción por gramo de arcilla, ya que esto depende también de los metros cuadrados que presenta un gramo de arcilla, es decir de la superfi-

Figura 5. Modelo de adsorción in vivo de la aflatoxina. Se ha indicado a título de ejemplo el rango de densidad superficial de cationes de cambio de tres arcillas diferentes estudiadas: sepiolita, CNBS y HSCAS.



LA EVOLUCIÓN DE UN CLÁSICO



DE ALIMENTACIÓN ANIMAL

Soluciones de hoy, ventajas de mañana

Evoluciona un clásico en alimentación animal. Una sólida experiencia es nuestro secreto para buscar hoy soluciones de calidad que garanticen su tranquilidad de mañana. Le ofrecemos los mejores productos, un asesoramiento técnico eficaz y personalizado, porque estamos a su lado y conocemos sus necesidades.

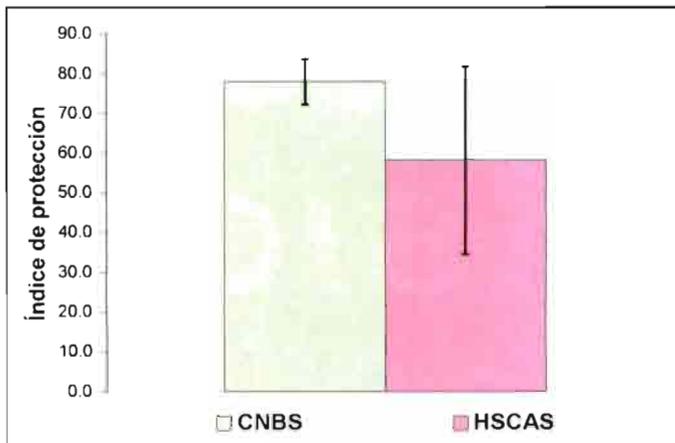


Figura 6. Eficacia in vivo frente a aflatoxina (Escribano et al., 2003)



Foto 2. Aspecto de un gel de la arcilla CNBS, en la que se reflejan escala macroscópica y detalles de su estructura microscópica.

La zearalenona es más hidrofóbica que la aflatoxina y presenta una porción de su estructura relativamente flexible, lo cual puede dificultar la adsorción

cie específica (SE), la cual es muy variable de unas arcillas a otras.

$$\text{Eficacia por gramo} = \frac{\text{Eficacia por superficie} * \text{superficie por gramo}}$$

Zearalenona

La molécula de zearalenona, si bien no presenta una región dicetónica como la aflatoxina, presenta un grupo cetónico muy próximo a un hidróxilo, con lo cual la formación de un quelato con los cationes de cambio de las arcillas es posible de forma similar a la aflatoxina (figura 2).

Sin embargo la zearalenona es todavía más hidrofóbica que la aflatoxina y presenta además una porción de su estructura que es relativamente flexible, lo cual puede dificultar la adsorción, tal como parece indicar la acusada disminución de adsorción por unidad de superficie observada en condi-

ciones in vitro a partir de DC superiores a 0,4 meq/100 m² (FAL, 2001). En cualquier caso es preciso profundizar en estos aspectos con nuevas investigaciones similares a las realizadas para aflatoxina.

De todo lo anterior se concluye que la arcilla ideal para adsorber aflatoxina y zearalenona de forma relativamente específica y minimizando el riesgo de interferencias con otras moléculas sería aquella con DC en torno a 0,4 meq/100 m² y con la mayor SE posible.

Ensayos con CNBS

Según los criterios anteriores se ha seleccionado de un conjunto amplio de diferentes arcillas, una arcilla constituida por una combinación natural de bentonita y sepiolita de alta pureza (CNBS) por reunir las características óptimas: una DC entorno a 0,4 meq/100 m² y una SE de 130 m².

Con esta arcilla se han realizado diferentes ensayos in vivo para comprobar la seguridad de su empleo y la eficacia de adsorción de aflatoxina y zearalenona (foto 2).

Tolerancia

En el IRTA se realizaron unos ensayos de respuesta productiva y de tolerancia a la incorporación en el pienso de 0%, 0,1%, 0,5% y 3,0% de la arcilla CNBS, tanto en pollos broiler como en lechones (IRTA, 2002).

El nivel de incorporación más alto ensayado ha sido 10 veces superior al recomendado en la práctica. Los resultados productivos no evidenciaron diferencias significativas para ninguno de los niveles de inclusión. En las necropsias realizadas a los animales tampoco se observaron ningún tipo de anomalías en los órganos internos ni en los parámetros hematológicos medidos. En consecuencia se concluye que esta arcilla puede utilizarse de forma segura a los niveles de inclusión recomendados (0,32- 0,5%).

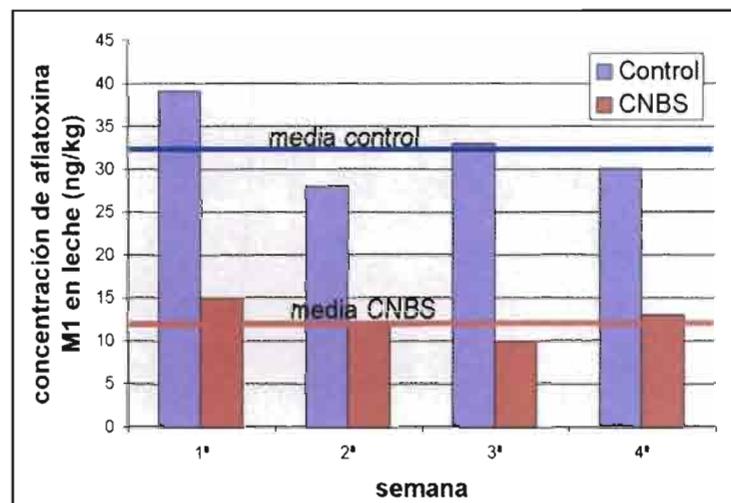


Figura 7. Evolución de la concentración de Aflatoxina M1 en la leche de vacas alimentadas sin o con inclusión de arcilla CNBS en la ración (Pietri et al., 2002).

Eficacia in vivo frente a aflatoxina

En la figura 6 se representan los resultados de eficacia de adsorción de aflatoxina de la arcilla CNBS en comparación a diversas arcillas HSCAS (Escribano et al., 2002). La arcilla CNBS mostró claramente el mayor índice de protección.

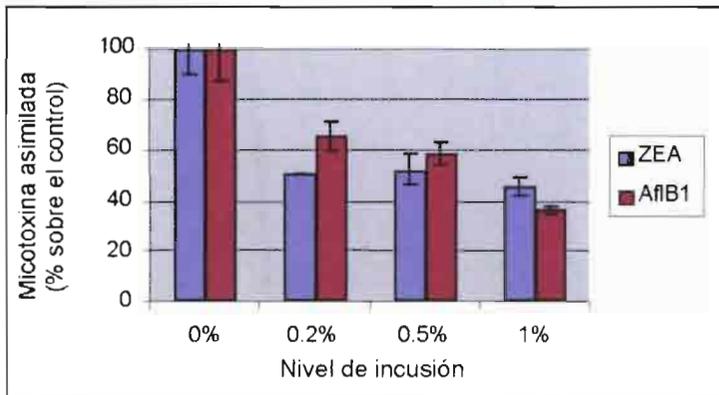


Figura 8. Efecto del nivel de inclusión de la arcilla CNBS sobre la asimilación de la aflatoxina y la zearalenona (Zeijdner et al., 2002).

En un ensayo con vacas lecheras Holstein realizado en la Universidad de Piacenza se procedió a medir la evolución del metabolito aflatoxina M1 (AM1) a lo largo de cuatro semanas de lactación (Pietri et al., 2003). Los animales fueron alimentados con una ración en la que el concentrado tenía un nivel de aflatoxina de 9µg/kg, ensayándose la arcilla CNBS frente a un control.

La concentración de AM1 en la leche de las vacas alimentadas con pienso conteniendo la arcilla CNBS fue reducida un 62%, manifestándose estos efectos desde la primera semana (figura 7).

Eficacia in vivo frente a zearalenona

Se ha determinado las isothermas de adsorción de zearalenona para la arcilla CNBS, resultando una buena eficacia (CSIC, 2002). Ello animó a

realizar un ensayo en el centro de investigación TNO en Holanda, donde se midió la eficacia de adsorción de zearalenona de esta arcilla a tres niveles de inclusión (0,2%, 0,5% y 1,0%) en el pienso mediante el modelo de simulación gastrointestinal desarrollado en este centro (Zeijdner et al., 2002 a, b).

Los valores de zearalenona asimilados y expresados como porcentaje del valor correspondiente al control se presentan en la figura 8. La eficacia de protección contra la zearalenona resultó próxima a la de la aflatoxina para cualquier nivel de incorporación de la arcilla CNBS.

Estos resultados son tanto más sorprendentes, cuanto se tenga en cuenta que frecuentemente se ha considerado la zearalenona como muy difícil de adsorber por otras arcillas naturales o modificadas (la efi-



Foto 3. Modelo de simulación gastrointestinal utilizado para valoración de los adsorbentes de micotoxinas. (TNO, Holanda).

ciacia in vitro determinada para otras arcillas no superó en el mejor de los casos el 20% de adsorción). A parte de los ensayos indicados, también se está ensayando en pruebas de campo la inclusión de la arcilla CNBS en porcino y vacuno con problemas de fertilidad provocados por intoxicación con zearalenona.

Los resultados preliminares indican una respuesta positiva, con una rápida recuperación de los índices habituales de fertilidad. Sin embargo es deseable confirmar estos buenos resultados obtenidos en otras pruebas de campo (foto 3). ●

Nutrición de futuro

Tecnología y Calidad al Servicio de la Producción

Aditivos

Premezclas vitamínicas, micro y macrominerales

Servicio de formulación

Fabricación de productos según necesidades

Pienso lactoiniciadores

Laboratorio de investigación y servicios

Lactonúcleos para piensos de primeras edades

Gestión de explotación

