

Planificación del cultivo en el noroeste español para la prevención y reducción de estas micotoxinas

# Prevención de la contaminación con fumonisinas en el grano de maíz

En el noroeste de España existe riesgo de contaminación natural con fumonisinas en el grano de maíz siendo recomendable, en la medida de lo posible, la cosecha temprana para reducir la incidencia. Del mismo modo, el desarrollo de variedades resistentes podría contribuir en el futuro a disminuir dicha contaminación. En este artículo se muestran los resultados preliminares de los ensayos realizados con el fin de obtener conclusiones de índole práctica para reducir la contaminación con fumonisinas del grano de maíz.

Rogelio Santiago, Ana Butrón, Ana Cao y Rosa Ana Malvar.

Misión Biológica de Galicia. Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC).

Las micotoxinas son metabolitos secundarios producidos por diversos hongos principalmente pertenecientes a los géneros *Fusarium*, *Alternaria*, *Aspergillus* y *Penicillium*. Estas toxinas son un conjunto diverso de moléculas con distintas propiedades químicas, biológicas y toxicológicas. Muchas de ellas se acumulan en cultivos destinados a la alimentación humana y animal, o bien pueden aparecer durante su almacenamiento, lo que puede conllevar un alto riesgo para la salud ya que muchos alimentos pueden verse contaminados.

Las enfermedades causadas por la ingesta de micotoxinas se denominan micotoxiosis. Los daños que causan, así como los órganos diana y su grado de toxicidad, varían de unas a otras y dependen también del huésped. Los efectos que ocasionan pueden ser de tipo agudo o crónico, dependiendo del tiempo de exposición y la cantidad de micotoxinas consumidas. En general, afectan a varios órganos y sistemas, principalmente a hígado y riñones, y a los sistemas inmune, endocrino y nervioso. Pueden tener efectos mutagénicos, afectar al

desarrollo embrionario y consumidas de forma prolongada pueden llegar a ocasionar cáncer.

Debido a que son un problema de salud, actualmente se vigila el contenido en micotoxinas en los alimentos destinados a consumo humano y animal, y existe legislación al res-



Foto 1. Larva de taladro (*Sesamia nonagrioides* Lef.) alimentándose sobre una mazorca.

pecto en la Unión Europea y cada vez en más países del resto del mundo. Los cultivos más susceptibles a la contaminación con micotoxinas son los cereales, los frutos con cáscara y algunas frutas, así como sus productos derivados (Sanchis y otros, 2004). De todas las micotoxinas identificadas hasta el momento, cinco familias son consideradas actualmente las más importantes a nivel mundial por su toxicidad, el tipo de cultivos que se ven afectados y el impacto económico que suponen. Estas micotoxinas son las aflatoxinas, la ocratoxina A, la zearalenona, las fumonisinas y los tricotecenos (cuadro I).

## Problemática de las fumonisinas en el grano de maíz

Centrándonos en el cultivo de maíz en España, *Fusarium verticillioides* y *F. proliferatum* son las especies fúngicas más abundantes en el grano de maíz y ambas producen fumonisinas. Estas micotoxinas son un grupo estructuralmente relacionado de compuestos. Se han reconocido y clasificado por lo menos 18 análogos de las fumonisinas en las series A, B, F y P. La serie B es la más común y la más tóxica de los análogos. Las fumonisinas provocan leucoencefalomalacia (necrosis del tejido cerebral) en caballos, edema pulmonar en cerdos, reducido crecimiento en pollos y alteraciones hepáticas y del sistema inmune en vacuno (Logrieco y otros, 2003), y han sido clasificadas por la Agencia Internacional para la Investigación del Cáncer (IARC, 2002) como "agentes posiblemente carcinogénicos en humanos" (grupo 2B) debido a una mayor incidencia de cáncer de esófago en poblaciones con una alta ingesta de maíz contaminado (Marasas, 2001).

En la actualidad, existe una recomendación de la Unión Europea (Recomendación

**CUADRO I.**

Relación de las principales micotoxinas, los hongos que las producen, los principales alimentos donde aparecen y los efectos fisiopatológicos que pueden causar en animales y/o humanos (Sanchis y otros, 2004; Bennet y Klich, 2003; D’Mello y otros, 1999).

Micotoxinas	Hongos productores	Alimentos	Efectos fisiopatológicos
Aflatoxinas	<i>Aspergillus flavus</i> <i>A. parasiticus</i>	Cereales, higos, frutos secos, especias, leche	Daños hepáticos, inmunosupresión, carcinogénesis
Ocratoxina A	<i>A. ochraceus</i> <i>A. carbonarius</i> <i>Penicillium verrucosum</i>	Cereales, café, zumo de uva, vinos	Daños renales y hepáticos, inmunosupresión, tetarogénesis, carcinogénesis, genotoxicidad
Zearalenona	<i>Fusarium graminearum</i> <i>F. culmorum</i> <i>F. equiseti</i> <i>F. cerealis</i>	Cereales	Síndrome estrogénico, esterilidad
Tricotecenos	<i>F. graminearum</i> <i>F. sporotrichioides</i> <i>F. poae</i>	Cereales	Daños gastrointestinales, vómitos, pérdida de peso y apetito, inmunosupresión, daños dermatológicos y neurológicos
Fumonisinias	<i>F. verticillioides</i> <i>F. proliferatum</i>	Maíz	Daños neuronales, daños renales, edema pulmonar y cerebral, daños hepáticos, carcinogénesis

**FIGURA 1**  
Contenido en fumonisinias (ppm) en el grano de 10 híbridos de maíz blanco.

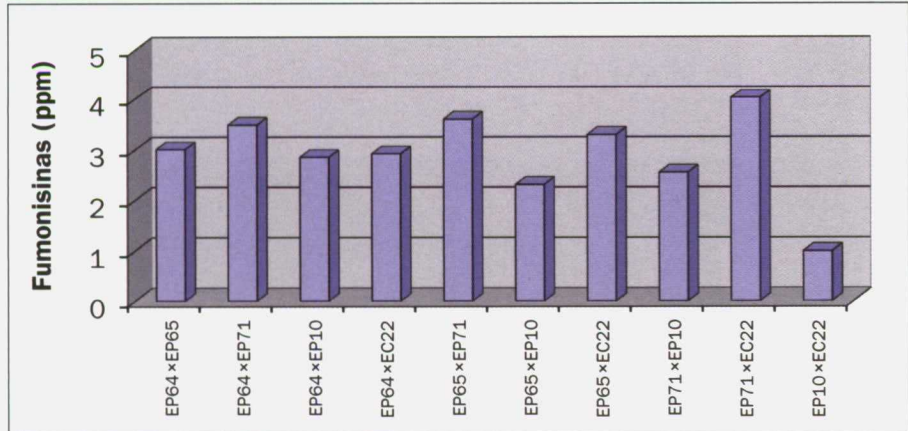


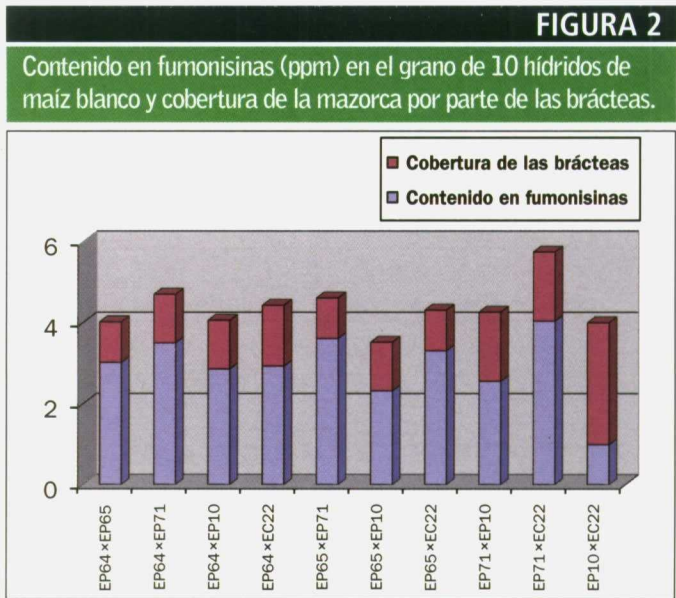
Foto 2. Diferencias en la cobertura de brácteas entre híbridos de maíz.

2006/576/CE) que establece valores orientativos máximos de fumonisinias en los piensos destinados a cerdos, caballos, conejos y animales de compañía (5 ppm), peces (10 ppm), aves de corral, corderos, cabritos y terneros de menos de cuatro meses (20 ppm) y a rumiantes de más de cuatro meses (50 ppm). Así mismo, la UE ha establecido los límites máximos admitidos de fumonisinias en el maíz para consumo humano y en sus derivados mediante el Reglamento CE 1126/2007, en vigor a partir del 1 de noviembre de 2007. La UE fija un límite de tolerancia de 4 ppm para el grano sin procesar que se dedicará a consumo humano, 1 ppm para maíz y alimentos a base de maíz destinados al consumo humano directo, 0,8 ppm en cereales para el desayuno a base de maíz y aperitivos de maíz y 0,2 ppm en alimentos para bebés y niños. En el caso del noroeste español, en concreto en el sur de Galicia, en una primera evaluación del nivel de riesgo de sufrir contaminaciones con fumonisinias se observó que la mayor parte de los híbridos de maíz ensayados presentaban más de 2 ppm de fumonisinias en el grano y uno de ellos incluso superaba los 4 ppm (Butrón y otros, 2006) (figura 1).

El riesgo alimentario que supone consumir un alimento o pienso con elevados niveles de fumonisinias viene determinado principalmente por las condiciones de cultivo, ya que la infección del grano de maíz con *F. verticillioides* y *F. proliferatum* y la contaminación con fumonisinias se inician en el campo y las condiciones de cultivo ejercen una gran influencia sobre ambos procesos. Por lo tanto es necesario prevenir la contaminación en el campo para poder garantizar que los alimentos derivados del maíz no supongan ninguna amenaza para la salud humana y animal. Existen muchos factores que favorecen la infección del grano de maíz por parte de *F. verticillioides* y *F. proliferatum* y la subsiguiente contaminación con fumonisinias, entre los que cabe destacar el daño producido por la plaga del taladro (insectos lepidópteros cuyas larvas se alimentan del grano y tallo de maíz facilitando la contaminación con hongos) (foto 1), cualquier tipo de estrés que sufra la planta y las siembras y recolecciones tardías. Asimismo, existen ciertas características de la mazorca

que pueden tener también un gran impacto sobre el desarrollo del hongo y la producción de fumonisinas, de este modo se cree que un mayor grosor del pericarpio del grano, la ausencia de daño en los mismos y una buena cobertura de brácteas dificultan la contaminación con fumonisinas (Fandohan y otros, 2003). En este caso, en los híbridos utilizados en el estudio de Butrón y otros (2006) se encontró que el nivel de fumonisinas en grano presentó una correlación negativa con la cobertura de las brácteas (foto 2 y figura 2).

Aunque se conocen múltiples factores ambientales y genéticos que favorecen la infección y posterior contaminación con fumonisinas, se hace necesario cuantificar dicha influencia en condiciones reales de campo para poder conocer el nivel de riesgo en cada región y los puntos críticos de control tal y como recomienda la UE. En el anexo de la Recomendación de la Comisión 2006/583/CE se recogen ciertos principios para la prevención y reducción de la



acumulación de toxinas de *Fusarium* en los cereales. Entre las medidas a adoptar para prevenir o minimizar la contaminación con micotoxinas producidas por hongos del gé-

nero *Fusarium* en precosecha, la UE recomienda el uso de variedades resistentes a las infecciones por *Fusarium* y a las plagas de insectos, así como una correcta plani-

## Un valor excepcional

Suspensión  
**TLS gratis**  
 ¡Decídase ya!\*





Foto 3. Métodos de inoculación artificial con *Fusarium* en el canal de las sedas o en el grano.

ficación del cultivo para evitar condiciones climáticas que favorezcan la contaminación (puntos 7 y 8 de la Recomendación de la Comisión 2006/583/CE).

### Objetivos de la investigación

Por todo lo dicho anteriormente, en nuestro grupo de investigación nos hemos planteado

los siguientes objetivos que estamos abordando gracias a la financiación de dos proyectos (uno financiado por la Xunta de Galicia, PGI-DIT06TAL40301PR, y otro por el MICINN, AGL2009-12770):

1. Estudiar los factores ambientales y genéticos que influyen en el desarrollo de los hongos productores de fumonisinas (*F. verticillioides* y *F. proliferatum*) y en su capacidad para producir estas micotoxinas.
2. Evaluar la resistencia genética del maíz a la contaminación con fumonisinas.

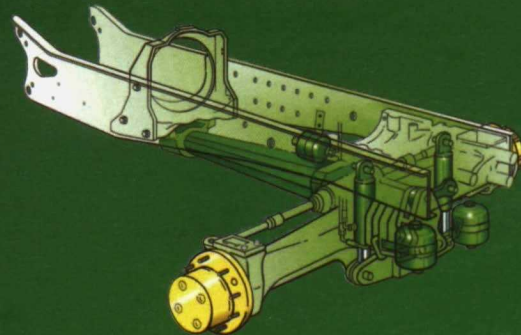
Con estos objetivos pretendemos obtener conclusiones de índole práctica como saber si existen ciertas prácticas agronómicas, condiciones climáticas o características de la planta de maíz que podrían ser clave para reducir la contaminación con fumonisinas. Esto permitiría establecer sistemas de alarma, de modo que si, por ejemplo, un año se dan condiciones climáticas especialmente adecuadas para la producción de fumonisinas, se elaboren pautas de actuación que puedan contrarrestar ese efecto desfavorable. Desde el punto de vista genético,

Obtenga la máxima comodidad y productividad con el sistema de suspensión independiente multipunto TLS de John Deere. En el campo usted dispondrá de más tracción y mayor fuerza de arrastre. En carretera usted podrá circular más rápidamente y con mayor comodidad.

Pero esto es sólo el comienzo. Con los nuevos modelos de la Serie 6030 Premium de 2010 usted podrá ahorrar hasta un 8% de combustible, y con la nueva Serie 7030 E Premium hasta un 13,8%. Y podemos demostrarlo\*\*.

**Suspensión TLS gratis y una eficacia de combustible excepcional. Un valor seguro. Acuda hoy mismo al concesionario John Deere de su zona o visite nuestra página web en la dirección <http://www.deere.es/es>**

Consulte con el concesionario de su zona nuestras condiciones de financiación personalizada.



\*Oferta válida para todos los tractores 6030 Premium, 7030 Premium, 7030 E Premium y 7030 Waterloo desde el 15/03/2010 hasta el 15/05/2010. Oferta válida hasta agotar existencias.

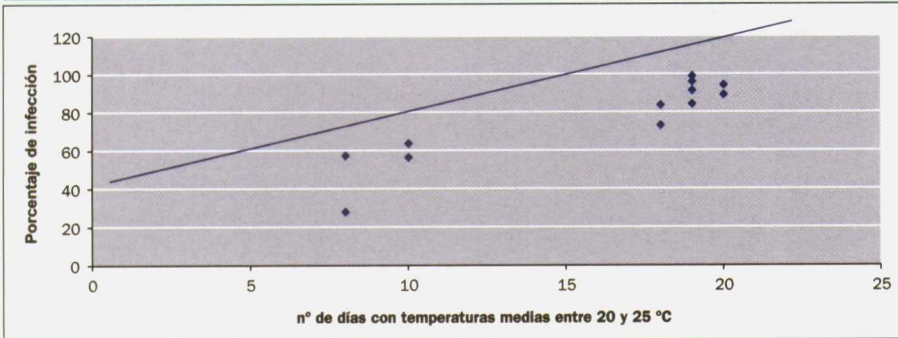
\*\*Los datos sobre la eficacia de combustible del modelo 6030 Premium están disponibles en: DLG-PowerMix, DLG-Testzentrum, Gross Umstadt, Alemania (11/2009). Los datos sobre la eficacia de combustible de los modelos 7030 Premium o 7030 E Premium han sido publicados en el artículo "E-Premium vs. Premium" publicado por las revistas italianas "Machine Agricole", "Trattori" y "Macchine Motori Agricole" (2009).



JOHN DEERE

FIGURA 3

Relación entre la infección del grano por parte de *F. verticillioides* y el número de días con temperaturas medidas máximas entre 20 y 25°C en el período que va de floración a recolección.



2007 y 2008 se extrae que las condiciones de sequía en torno a la floración y de alta humedad en el periodo de secado son determinantes a lo hora de observar elevados niveles de fumonisinas en el grano. Además, altas temperaturas durante todo el proceso de formación, maduración y secado del grano favorecen la infección por parte del hongo predominante, *F. verticillioides*, ya que, la variable independiente número de días con temperatura media entre 20 y 25 °C explicó más del 80% de la variabilidad para porcentaje de infección del grano por parte de *F. verticillioides* (figura 3).

La inoculación natural no garantiza una distribución generalizada y homogénea del inóculo, de modo que cuando se quieren comparar niveles de resistencia se hace necesario inocular artificialmente. En este sentido, se han evaluado en condiciones de inoculación artificial con *F. verticillioides* cuatro híbridos de maíz blanco que previamente habían diferido para la contaminación en fumonisinas en condiciones de infección natural (Butrón y otros, 2006) (figura 4). La inoculación artificial en grano o sedas se realiza en base a la posible existencia de diferentes mecanismos de resistencia a la infección en sedas o en grano (foto 3). En el figura 4 se observa que las inoculaciones con *F. verticillioides*, tanto en grano como en el canal de las sedas, corroboraron las diferencias de resistencia a la contaminación con fumonisinas (Butrón y otros, 2006). Es de destacar que los niveles de fumonisinas en los híbridos más resistentes fueron menores del lími-

se está estudiando si existe variabilidad genética suficiente en el maíz susceptible de ser cultivado en el noroeste de España para iniciar un programa de mejora con la finalidad de obtener variedades de maíz con alta resistencia a la contaminación con fumonisinas.

### Influencia de los factores climáticos y genotípicos

Dentro del proyecto PGDITO6TAL40301PR, con el fin de cuantificar la influencia de los factores climáticos y genotípicos en ambos parámetros (infección y contaminación), se han llevado a cabo ensayos de seis híbridos de maíz, que difieren en cuanto a la resistencia a la plaga del taladro, en distintas localidades de la provincia de Pontevedra durante dos años consecutivos (2007-2008). Los resultados preliminares han mostrado que en años con condi-

ciones climáticas menos favorables para la contaminación con fumonisinas, las siembras tempranas son más favorables para la acumulación de fumonisinas que las tardías, contrariamente a lo que han sugerido otros autores (Fandohan y otros, 2003), y los híbridos resistentes al taladro muestran niveles de contaminación más bajos, tal y como era esperable.

Sin embargo, cuando las condiciones climáticas son muy favorables para el desarrollo de las fumonisinas, no se detectan diferencias entre siembras o híbridos, pero se detecta una clara diferencia entre una cosecha temprana (2,6 ppm de fumonisinas en grano) y una tardía (4,9 ppm), de acuerdo con estudios previos que recomendaban recoger pronto (Bush y otros, 2004).

Del estudio de datos climáticos que más influyeron en el contenido en fumonisinas en

FIGURA 4

Resistencia a la acumulación de fumonisinas en condiciones de inoculación con *F. verticillioides*.

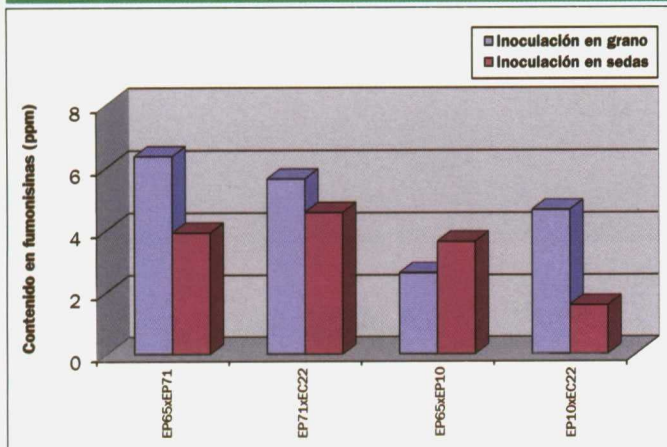


FIGURA 5

Evaluación de la resistencia a *F. verticillioides* en líneas puras de maíz conservadas en la Misión Biológica de Galicia.

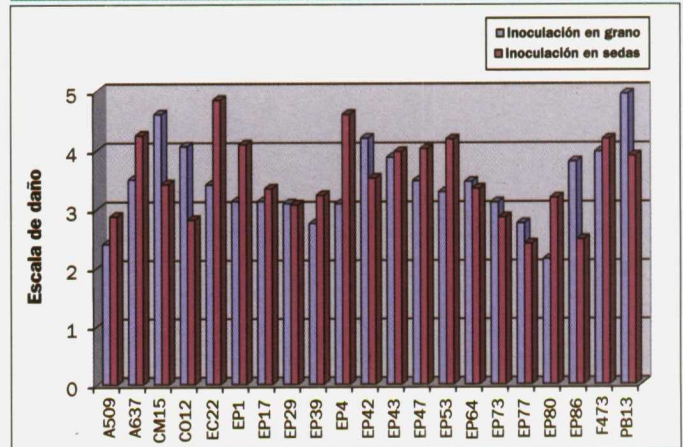




Foto 4. Resultado de la inoculación artificial en grano con *F. verticillioides*.

te marcado por la UE para el maíz para consumo humano sin procesar, 4 ppm.

#### Evaluación de la resistencia de distintas variedades

En el proyecto AGL2009-12770 se realizará una evaluación más completa de la variabilidad para resistencia a la infección y contaminación del maíz adaptado al norte de España, ensayándose en condiciones de inoculación artificial las aproximadamente 270 líneas del banco de germoplasma de la Misión Biológica de Galicia (CSIC). Previamente hemos comprobado si las condiciones de inoculación artificial descritas por otros autores (Reid y Hamilton, 1996) resultan adecuadas en nuestras condiciones ambientales. De este modo se inocularon 21 líneas con 2 ml de un inóculo de esporas de *F. verticillioides* por planta siete días tras floración, bien dentro del grano o en el

canal de las sedas. Los resultados preliminares muestran diferencias entre variedades que nos permiten confiar en la eficacia de un programa de mejora con la finalidad de obtener variedades de maíz con alta resistencia a la infección y contaminación con fumonisinas (foto 4 y figura 5).

#### Conclusiones

Aunque nuestros datos son preliminares, podemos afirmar que en el noroeste de España existe un riesgo apreciable de contaminación natural con fumonisinas en el grano de maíz y sería recomendable entre otros factores recoger temprano para reducir la incidencia de dichas contaminaciones. Del mismo modo, el desarrollo de variedades resistentes también podría contribuir a disminuir los niveles de fumonisinas en grano. ●

#### Bibliografía ▼

- Bennet J.W., Klich M. 2003. Mycotoxins. *Clinical Microbiology Reviews* 16:497-516.
- Bush BJ, ML Carson, MA Cubeta, WM Hagler, GA Payne. 2004. Infection and fumonisin production by *Fusarium verticillioides* in developing maize kernels. *Phytopathology* 94:88-93.
- Butrón A., Santiago R., Pintos-Varela C., Ordás A., Malvar R.A. 2006. Maize (*Zea mays* L.) genetics factors for preventing fumonisin contamination. *Journal of Agriculture and Food Chemistry* 54:6113-6117.
- D'Mello J.P.F., Placinta C.M., Macdonald A.M.C. 1999. *Fusarium* mycotoxins: a review of global implications for animal health, welfare and productivity. *Animal Feed Science and Technology* 80:183-205.
- Fandohan P, K Hell, WFO Marasas, MJ Wingfield. 2003. Infection of maize by *Fusarium* species and contamination with fumonisin in Africa. *African Journal of Biotechnology* 2:570-579
- IARC. International Agency for Research of Cancer. 2002. *Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans*, volumen 82. Lyon, Francia.
- Logrieco A., Bottalico A., Mulé G., Moretti A., Perrone G. 2003. Epidemiology of toxigenic fungi and their associated mycotoxins for some mediterranean crops. *European Journal of Plant Pathology* 109:645-667.
- Marasas W.F.O. 2001. Discovery and occurrence of the fumonisins: a historical perspective. *Environmental Health Perspectives Supplements* 109:239-243.
- Reid LM, Hamilton RI. 1996. Effects of inoculation position, timing, macroconidial concentration, and irrigation on resistance of maize to *Fusarium* gaminearum infection through kernels. *Canadian J Plant Sci* 18: 279-285.
- Recomendación 2006/576/CE de la Comisión, de 17 de agosto de 2006, sobre la presencia de deoxivalenol, zearalenona, ocratoxina A, toxinas T-2 y HT-2 y fumonisinas en productos destinados a la alimentación animal. *DO L 229: 7-9*.
- Recomendación 2006/583/CE de la Comisión, de 17 de agosto de 2006, sobre la prevención y la reducción de las toxinas de *Fusarium* en los cereales y los productos a base de cereales. *DOL 234: 35-40*.
- Reglamento (CE) n° 1126/2007 de la Comisión, de 28 de septiembre de 2007 que modifica el Reglamento (CE) no 1881/2006 por el que se fija el contenido máximo de determinados contaminantes en los productos alimenticios por lo que se refiere a las toxinas de *Fusarium* en el maíz y los productos del maíz. *DOL 255: 14-17*.
- Sanchis V., Marín S., Ramos A.J. 2004. Micotoxinas y seguridad alimentaria. *Alimentación, Nutrición y Salud* 11:17-23.

# ANTORAZ S.L.

## NEUMATICOS RUEDAS Y LLANTAS

Especialistas en diseño y fabricación de ruedas a medida