



INVESTIGACIONES ENCAMINADAS A REDUCIR SU RIESGO

# CONTAMINACIONES CON MICOTOXINAS EN EL GRANO DE MAÍZ

**A. BUTRÓN, A. CAO, R. A. MALVAR** Misión Biológica de Galicia (CSIC), Apdo. 28, 36080 Pontevedra

**A. J. RAMOS, S. MARÍN** Escuela Técnica Superior de Ingeniería Agraria (ETSEA), Universidad de Lleida, XaRTA- UTPV- Agrotecnio. Avda Rovira Roure 191, 25198 Lleida

**X. C. SOUTO, R. SANTIAGO** Escola de Enxeñería Forestal, Universidade de Vigo. A Xunqueira, 36005 Pontevedra

**O. AGUÍN, P. MANSILLA** Estación Fitopatolóxica do Areeiro, Deputación de Pontevedra. Subida á Robleda, 36153 Pontevedra

**Foto 1.** Inoculación en grano con una solución de  $10^6$  esporas de *F. verticillioides* por ml.

Las micotoxinas son un conjunto diverso de moléculas con distintas propiedades químicas, biológicas y toxicológicas que son producto del metabolismo fúngico secundario, es decir, compuestos no esenciales para el crecimiento vegetativo del moho. Los cultivos más susceptibles a la contaminación con micotoxinas son los cereales, los frutos con cáscara y algunas frutas, así como los productos derivados de ellos (Sanchis y otros, 2004).

## LAS MICOTOXINAS MÁS COMUNES EN EL GRANO DE MAÍZ CULTIVADO EN EUROPA

En el caso concreto del maíz, el género *Fusarium* se encuentra ampliamente distribuido infectando el grano del maíz cultivado en las regiones templadas, incluyendo Europa, y supone un problema de seguridad alimentaria porque la mayoría de las especies de este género producen micotoxinas (Logrieco *et al.*, 2002; 2003). Las condiciones climáticas determinan la predominancia de una especie o grupo de especies en particular; por ejemplo, en el

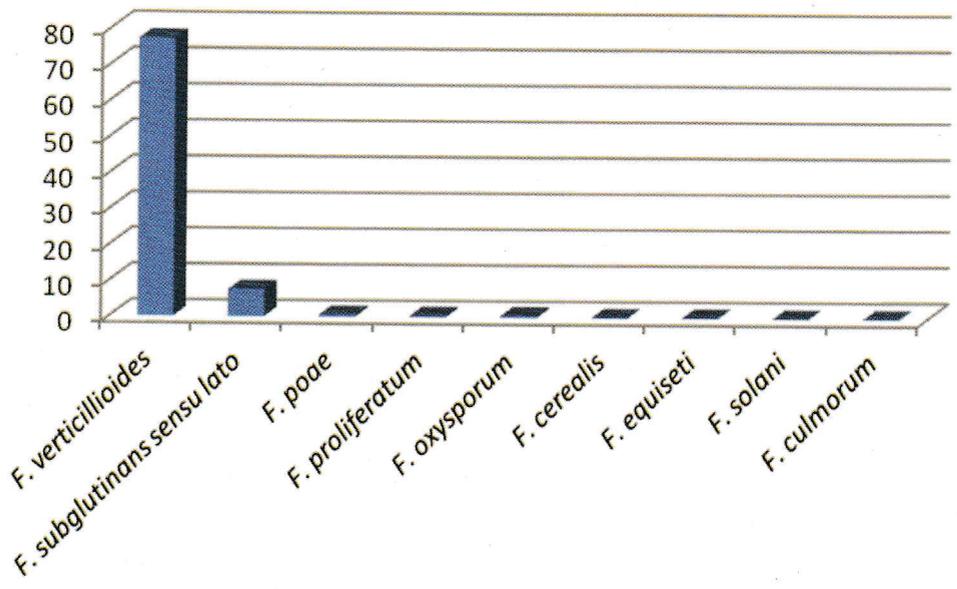
Las micotoxinas son sustancias producidas por determinadas especies de mohos que, a bajas concentraciones, resultan tóxicas tanto para humanos como para animales (Bennet y Klich, 2003). De todas las micotoxinas identificadas hasta el momento, cinco familias son consideradas actualmente las más importantes 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, y son producidas por tres géneros de mohos: *Aspergillus*, *Penicillium* y *Fusarium*. En el siguiente artículo se describen las últimas investigaciones encaminadas a reducir el riesgo de sufrir contaminaciones con micotoxinas, principalmente en el grano de maíz.

centro y norte de Europa predomina la especie *F. graminearum*, junto con otras especies como *F. culmorum*, *F. cerealis* y *F. avenaceum*; mientras que en las regiones más cálidas de Europa, el grano de maíz aparece colonizado principalmente por *F. verticillioides* y otras especies del complejo *Gibberella fujikuroi*, como *F. proliferatum* y *F. subglutinans* (Bottalico, 1998; Logrieco *et al.*, 2002). Todas estas especies son micotoxigénicas y, dependiendo de la especie, pueden producir tricotecenos, fumonisinas y/o zearalenona, y otras micotoxinas relativamente menos importantes como moniliformina, beauvericina, ácido fusárico, eniatinas o fusarenona-X (Logrieco *et al.*, 2002).

**INVESTIGACIONES LLEVADAS A CABO EN LA MISIÓN BIOLÓGICA DE GALICIA (CSIC)**

En España *F. verticillioides* y *F. proliferatum* son las especies que con mayor frecuencia infectan el grano de maíz (Muñoz *et al.*, 1990; Butrón *et al.*, 2006; Jurado *et al.*, 2006; Ariño *et al.*, 2007), pero se sabe que la prevalencia de determinadas especies puede variar enormemente con la localización geográfica y los años. Por esta razón, en nuestro grupo iniciamos una investigación que pretendía monitorizar durante varios años la presencia de las distintas especies de *Fusarium* sobre los granos del maíz cultivado en la provincia de Pontevedra para poder establecer con más precisión el posible riesgo de contaminación con las diferentes micotoxinas señaladas, al mismo tiempo que intentamos establecer qué variables climáticas explicarían las diferencias de presencia detectadas entre años y localidades (Aguín *et al.*, 2014). Como se ve en el **Gráfico 1**, la especie

**GRÁFICO 1 > PORCENTAJE DE GRANOS DE MAÍZ SOBRE LOS QUE SE AISLÓ CADA UNA DE LAS ESPECIES DE FUSARIUM ENUMERADAS**



**Los cultivos más susceptibles a la contaminación con micotoxinas son los cereales, los frutos con cáscara y algunas frutas, así como los productos derivados de ellos**

más abundante a través de los años y localidades fue *F. verticillioides*, que es una especie productora de fumonisinas, aunque en todos los ambientes se detectó también la presencia de *F. subglutinans*. Por lo tanto, la posible contaminación del grano de maíz con fumonisinas podría suponer un problema de salud alimentaria, y, muy secundariamente, habría que prestar atención a

otras micotoxinas como la moniliformina, la fusaproliferina y la beauvericina que pueden ser producidas por *F. subglutinans*.

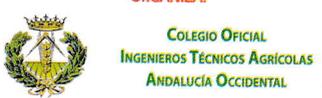
Una vez que se observó que *F. verticillioides* es altamente predominante, los demás trabajos se enfocaron hacia determinar los puntos críticos de control para prevenir la contaminación con fumonisinas y la puesta en marcha de un programa de mejora genética para reducir los niveles de fumonisinas presentes en el maíz. Para ello se ha desarrollado un método adecuado de inoculación (Cao *et al.*, 2014a), se ha estudiado la progresión de la infección y de la contaminación a lo largo del proceso de formación y secado del grano (Cao *et al.*, 2013), se han determinado las características de las plantas y las variables climáticas que más influyen en la infección y en la contaminación presentes en cosecha



28, 29 y 30 de Enero  
Sevilla, 2015

Aportando  
Soluciones

ORGANIZA:



PATROCINAN:



COLABORAN:



(Santiago *et al.* 2013a, Cao *et al.* 2014b) y se han buscado variedades de maíz con una mayor resistencia a la contaminación que sean la base de futuros programas de mejora (Santiago *et al.*, 2013b).

Las consideraciones de tipo agrónomo que se derivan de estos estudios se detallan a continuación:

1. Aunque la inoculación en el canal de las sedas reproduce mejor la infección que se produce de forma natural, la inoculación en grano (**Foto 1**) puede ser recomendada cuando se pretende buscar variedades con una resistencia más estable.
2. Se recomienda no sembrar demasiado pronto y hacer cosechas tempranas para evitar una exposición prolongada durante el secado del grano a temperaturas medias en torno a 15 °C, que pueden promover la biosíntesis de fumonisinas cuando el grano tiene un contenido en humedad menor del 30%.

## En España *F. verticillioides* y *F. proliferatum* son las especies que con mayor frecuencia infectan el grano de maíz

3. Los factores climáticos de dos periodos críticos, la floración y el secado del grano, tienen una enorme influencia sobre las diferencias en contaminación observadas entre años y localidades. Temperaturas elevadas durante la floración y una pluviosidad abundante durante el secado favorecen la acumulación de fumonisinas. De nuevo se observa que las siembras no precoces y la recolección temprana son favorables para reducir la contaminación con fumonisinas. El promedio de la contaminación anual con fumonisinas varió de 0,36 mg/kg a 4,06 mg/kg, siendo significativamente mayor en la zona costera que en el interior.
4. El uso de variedades más resistentes al ataque en grano de las plagas de insectos (taladro y po-



**Foto 2.** Diferencias entre líneas puras de maíz para el daño en grano producido por la infección de *F. verticillioides*

lilla), con una buena cobertura de brácteas y con un moderado grosor de pericarpio es beneficioso para reducir la contaminación con fumonisinas.

5. Se observan diferencias muy claras entre un conjunto amplio de líneas puras de maíz tanto para la podredumbre causada por *F. verticillioides* (Foto 2) como para la acumulación de fumonisinas en el grano. Se están obteniendo nuevas líneas a partir de las líneas que presentaron una mayor resistencia.

Estas investigaciones han sido financiadas por la Xunta de Galicia (PGDIT06TAL40301PR) y el Plan Nacional (AGL2009-12770). ■

## Bibliografía

Aguín O., A. Cao, C. Pintos, R. Santiago, P. Mansilla, A. Butrón. 2014. Occurrence of *Fusarium* species in maize kernels grown in northwestern Spain. *Plant Pathology* 63:946-951.

Ariño A., T. Juan, G. Estopanán, J.F. González-Cabo. 2007.

Natural occurrence of *Fusarium* species, fumonisin production by toxigenic strains, and concentrations of fumonisins B1 and B2 in conventional and organic maize grown in Spain. *Journal of Food Protection* 70:151-156.

Bennet J.W., M. Klich. *Mycotoxins*. 2003. *Clinical Microbiology Reviews*. 16:497-516.

Bottalico A. 1998. *Fusarium* diseases of cereals: Species complex and related mycotoxin profiles in Europe. *Journal of Plant Pathology* 80:85-103.

Butron A., R. Santiago, P. Mansilla, C. Pintos-Varela, A. Ordas, R.A. Malvar. 2006. Maize (*Zea mays* L.) genetic factors for preventing fumonisin contamination. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 54:6113-6117.

Cao A., A. Butrón, A.J. Ramos, S. Marín, C. Souto, R. Santiago. 2014a. Assessing white maize resistance to fumonisin contamination. *European Journal of Plant Pathology* 138:283-292.

Cao A., R. Santiago, A.J. Ramos, S. Marín, L.M. Reid, A. Butrón. 2013. Environmental factors related to fungal infection and fumonisin accumulation during the development and drying of white maize kernels. *International Journal of Food Microbiology* 164:15-22.

Cao A., R. Santiago, A.J. Ramos, X.C. Souto, O. Aguin, R.A. Malvar, A. Butrón. 2014b. Critical environmental and genotypic factors for *Fusarium verticillioides* infection, fungal growth and fumonisin contamination in maize grown in northwestern Spain. *International Journal of Food Microbiology* 177: 63-71.

Jurado M., C. Vázquez, C. Callejas, M.T. González-Jaén. 2006. Occurrence and variability of mycotoxigenic *Fusarium* species associated to wheat and maize in the South West of Spain. *Mycotoxin Research* 22:87-91.

Logrieco A., A. Bottalico, G. Mule, A. Moretti, G. Perrone. 2003. Epidemiology of toxigenic fungi and their associated mycotoxins for some Mediterranean crops. *European Journal of Plant Pathology* 109:645-667.

Logrieco A., G. Mule, A. Moretti, A. Bottalico. 2002. Toxigenic *Fusarium* species and mycotoxins associated with maize ear rot in Europe. *European Journal of Plant Pathology* 108:597-609.

Muñoz L., M. Cardelle, M. Pereira, R. Riguera. 1990. Occurrence of corn mycotoxins in Galicia (northwest Spain). *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 38:1004-1006.

Sanchis V., Marín S., Ramos A.J. 2004. Micotoxinas y seguridad alimentaria. *Alimentación, Nutrición y Salud* 11:17-23.

Santiago, R., A. Cao, R.A. Malvar, A. Butrón. 2013a. Is it possible to control fumonisin contamination in maize kernels by using genotypes resistant to the Mediterranean corn borer? *Journal of Economic Entomology* 106:2241-2246.

Santiago, R., A. Cao, R.A. Malvar, L.M. Reid, A. Butrón. 2013b. Assessment of corn resistance to fumonisin accumulation in a broad collection of inbred lines. *Field Crops Research* 149:193-202.