

RIESGO CLIMÁTICO DE LA REGION PAMPEANA ARGENTINA CON RESPECTO A LA CONTAMINACION CON FUMONISINA EN GRANO DE MAIZ

Malvina I. Martinez y Ricardo C. Moschini

Instituto de Clima y Agua, INTA Castelar, Buenos Aires, Argentina, mmartinez@cnia.inta.gov.ar.

INTRODUCCION

La “podredumbre de la espiga” de maíz es una enfermedad de origen fúngico que en la Región Pampeana Argentina es producida principalmente por *Fusarium verticillioides* (Saccardo) Nirenberg [= *F. moniliforme*, teleomorfo *G. fujikuroi* (Sawada) Wr] (Martínez et al., 2010). Esta especie fúngica produce las toxinas denominadas fumonisinas (FB₁, FB₂, FB₃), siendo la FB₁ la más abundante.

La enfermedad ocasiona pérdidas en el rendimiento en grano y en la calidad final. Una de las principales vías de entrada del patógeno a la espiga son los estigmas, aunque también se citan otras vías como insectos y por semilla (Hesseltine y Bothast, 1977; Munkvold et al., 1997^a; Munkvold et al., 1997^b).

En Argentina, Martínez et al. (2010) encontraron valores promedios de 1972, 939 y 739 µg/kg de FB₁ para muestras de maíz tomadas en 7 sitios en 3 campañas (2006/07, 2007/08 y 2008/09) y más recientemente, Garrido et al. (2012) encontraron que de 3246 muestras de grano de maíz recolectadas en diferentes regiones de Argentina, del 90- 100% estaban contaminadas con fumonisina, con niveles promedios (suma de FB₁, FB₂) de entre 1773 a 9093 µg/kg para maíz recién cosechado.

La contaminación con fumonisinas es afectada positivamente por factores climáticos como la temperatura y humedad relativa disponible en pre y/o post cosecha (Ono et al., 1999; Marin et al., 1999; Dilkin et al., 2002; Paterson et al., 2009). Por otro lado, se ha reportado también que periodos de sequía antes o durante el llenado de granos favorecería el desarrollo de la podredumbre de la espiga y a un más alto nivel de fumonisina (Munkvold, 2003).

Modelos logísticos basados en variables meteorológicas fueron desarrollados en Argentina para predecir la contaminación con fumonisinas (Martínez et al., 2010). La principal variable simple encontrada fue Np2 (número de períodos de dos días con registro de Pr>0,2 mm y HR>= 81% en el día 1 y HR>70% en el segundo día). Esta variable fue procesada en un periodo de 17 días alrededor de la salida de estigmas. También De la Campa et al. (2005) con experimentos conducidos en Argentina y Filipinas con híbridos de maíz Bt y sin ese evento, desarrollaron un modelo para predecir el contenido de fumonisina usando como variables el daño ocasionado por insectos a la espiga y también el ambiente. Identificaron cuatro periodos críticos de variables ambientales alrededor de la salida de estigmas como importantes para la contaminación con fumonisina.

El objetivo de este trabajo fue estudiar el riesgo climático de la Región Pampeana Argentina con respecto a la contaminación con fumonisinas usando un modelo basado en variables meteorológicas desarrollado para este país.

MATERIALES Y METODOS

Se utilizo el modelo desarrollado por (Martínez et al. 2010). Este modelo fue desarrollado a partir de datos de contenido de fumonisina B₁ de muestras de granos de maíz de 3 campañas y de siete sitios distintos de la Región Pampeana Argentina y datos de temperatura máxima,

mínima, humedad relativa y lluvia. El modelo estima las probabilidades de ocurrencia de un nivel severo, moderado y ligero a nulo de FB₁ en grano maduro de un híbrido de maíz susceptible. Categorización del contenido de FB₁: severo: >3240 ug/kg; moderado ≤ 3240 y >1692.5 ug/kg; ligero a nulo: ≤ 1692.5 ug/kg.

$$\text{LogitPrS} = -180 + 5,6414 \text{ TxM} + 0,0561 \text{ It3} + 0,3154 \text{ It7}$$

$$\text{LogitPrMac} = -167,4 + 5,6414 \text{ TxM} + 0,0561 \text{ It3} + 0,3154 \text{ It7}$$

$\text{LogitPrS} = \ln(\text{PrS}/(1-\text{PrS}))$; $\text{LogitPrMac} = \ln(\text{PrMac}/(1-\text{PrMac}))$. Resolviendo las expresiones $\text{Exp}(\text{LogitPrS})/(1+\text{Exp}(\text{LogitPrS}))$ y $\text{Exp}(\text{LogitPrMac})/(1+\text{Exp}(\text{LogitPrMac}))$ se obtienen los valores de PrS (probabilidad de ocurrencia de un nivel de FB₁ severo (S)) y PrMac (probabilidad acumulada de ocurrencia de un nivel de FB₁ => al moderado (M)). Ln es el logaritmo natural y Exp la función exponencial de base e (e=2,718281). $\text{PrM} = \text{PrMac} - \text{PrS}$. $\text{PrL} = 1 - (\text{PrS} + \text{PrM})$ siendo PrL la probabilidad de observar un nivel de FB₁ ligero a nulo (L).

Donde TxM: temperatura máxima media; $\text{It3} = \text{NP2} * \text{GDTn}$, siendo NP2: número de períodos de 2 días con ocurrencia simultánea de $\text{Pr} > 0,2\text{mm}$ y $\text{HR} \geq 81\%$ (día 1) y $\text{HR} > 70\%$ (día 3); GDTn: se acumulan las diferencias diarias positivas entre el umbral 20°C y Tn; $\text{It7} = \text{DPr} * \text{DPT}$, siendo DPr: días con $\text{Pr} > 0,2\text{mm}$; DPT: días con $\text{Tn} > 18^\circ\text{C}$ y $\text{Tx} < 30^\circ\text{C}$. Las variables se calculan en el período que se inicia 7 días antes de R1 y finaliza al acumular 215 grados día (temperatura media diaria base= 10°C). La longitud media del período fue de 17 días (+/- 2 días).

Mediante el modelo descrito anteriormente se calculó por sitio el porcentaje de años con probabilidad de ocurrencia de un nivel de FB₁ severo (la mayor de las tres calculadas por el modelo logístico). El período utilizado fue 1971-2010 y se utilizó la información meteorológica diaria (temperaturas máxima y mínima, precipitación y humedad relativa: promedio de las observaciones de la 9, 15 y 21 h) registrada en 35 estaciones del Servicio Meteorológico nacional (SMN) y del INTA. El modelo se corrió para una fecha temprana de aparición de estigmas (R1: 8 de enero) y otra tardía (R1: 8 de febrero).

RESULTADOS

El riesgo climático de la región pampeana respecto al contenido en grano de maíz a cosecha de la micotoxina FB₁ se incrementa a medida que atrasamos la fecha de aparición de estigmas (R1). La fecha dominante real de R1 en Argentina es fin de diciembre-principios de enero, que es la que presenta menor probabilidad de observar contenidos altos de FB₁ en grano a cosecha. Para esta fecha de R1 (Figura 1, izquierda) se observan 2 subzonas de mayor riesgo climático: el extremo SE bonaerense y el O-NO de Córdoba, con solo 1 a 2 años en 40 años con niveles severos de FB₁. Atrasando la fecha de R1, se agrega el núcleo maicero-sojero (NE de Bs. As, Sur de Santa Fe y SE de Córdoba) y el SE de Entre Ríos como zonas de riesgo (Figura 1, derecha). En las zonas de mayor riesgo se esperaría 2 hasta 6 años en 40 años con contenido severos de FB₁. Las subzonas con menor riesgo climático se ubican en el SO bonaerense y E de La Pampa.

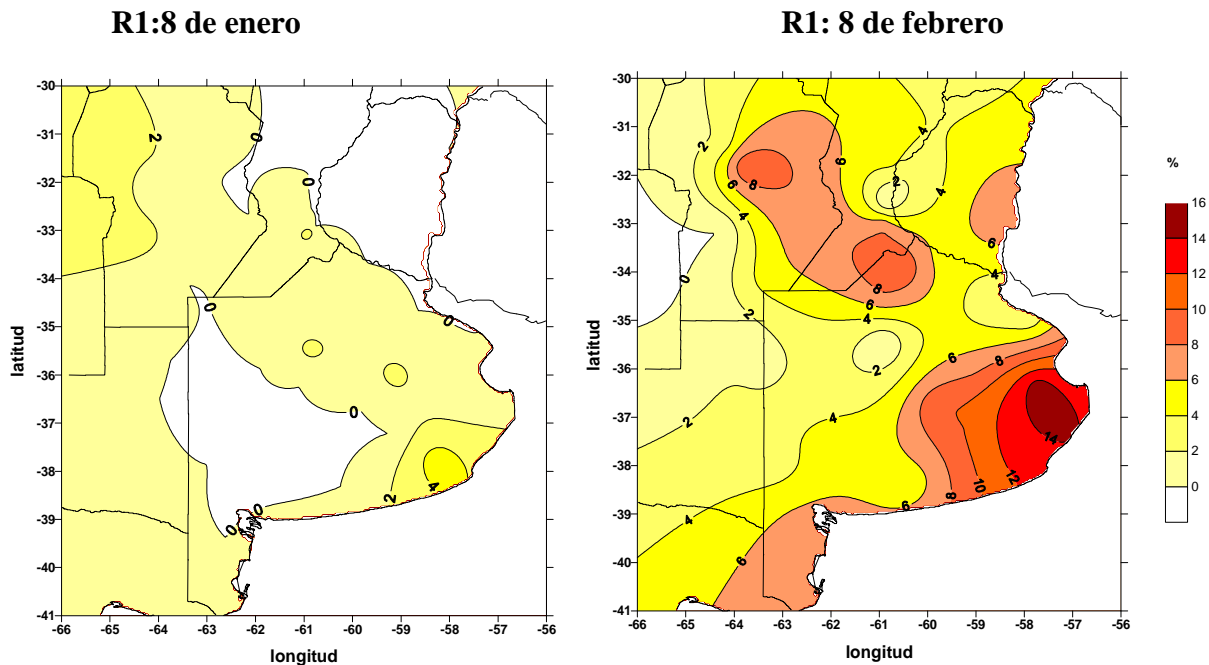


Figura 1. Distribución espacial del porcentaje de años con probabilidad de ocurrencia de un nivel severo de FB1 en grano de maíz a cosecha. Estimado por modelo logístico de tres variables. Estaciones meteorológicas: 35. Serie: 1971-2010.

CONCLUSION

A partir de una ecuación donde la principal variable fue construida a partir de datos de lluvia y humedad relativa, se pudieron establecer las zonas de mayor riesgo de contaminación con fumonisina y también conocer la influencia de la fecha de siembra sobre su acumulación. Es importante continuar construyendo la base de datos de contaminación con fumonisina en grano de maíz para validar y seguir desarrollando modelos de predicción y sus aplicaciones (mapas de riesgo).

BIBLIOGRAFIA

De la Campa R, Hooker DC, Miller JD, Schaafsma AW, Hammond BG. 2005. Modeling effects of environment, insect damage, and Bt genotypes on fumonisin accumulation in maize in Argentina and the Philippines. *Mycopathologia* 159:539-552.

Dilkin P, Mallmann CA, De Almeida CAA, Stefanon EB, Fontana FZ, Milbradt EL. 2002. Production of fumonisins by strains of *Fusarium moniliforme* according to temperature, moisture and growth period. *Brazilian Journal of Microbiology* 33:111-118.

Garrido CE, Hernández Pezzani C, Pacin A. 2012. Mycotoxins occurrence in Argentina's maize (*Zea mays* L.), from 1999 to 2010. *Food Control* 25: 660-665.

Hesseltine CW, Bothast RJ (1977) Mold development in ears of corn from tasseling to harvest. *Mycologia* 69:328-340.

Marin S, Magan N, Serra J, Ramos AJ, Canela R, Sanchis V. 1999. Fumonisin B₁ production and growth of *Fusarium moniliforme* and *Fusarium proliferatum* on maize, wheat and barley grain. *Journal of Food Science* 64:921-924.

Martínez M, Moschini R, Barreto D, Bodega J, Comerio R, Forjan H, Piatti F, Presello D & Valentinuz O. 2010. Factores ambientales que afectan el contenido de fumonisina en granos de maíz. *Tropical Plant Pathology*, vol. 35, 5, 277-284.

Munkvold GP. 2003. Epidemiology of *Fusarium* diseases and their mycotoxins in maize ears. *European Journal of Plant Pathology* 109:705-713.

Munkvold GP, McGee DC, Carlton WM. 1997a. Importance of different pathways for maize kernel infection by *Fusarium moniliforme*. *Phytopathology* 87:209-217.

Munkvold GP, Hellmich RL, Showers WB. 1997b. Reduced *Fusarium* ear rot and symptomless infection in kernels of maize genetically engineered for European corn borer resistance. *Phytopathology* 87:1071-1077.

Ono EYS, Sugiura Y, Homechin M, Kamogae M, Vizzoni E, Ueno Y, Hirooka E. 1999. Effect of climatic conditions on natural mycoflora and fumonisins in freshly harvested corn of the State of Paraná, Brazil. *Mycopathologia* 147:139-148.

Paterson RRM, Lima N. 2010. How will climate change affect mycotoxins in food? *Food Research International* doi:10.1016/j.foodres.2009.07.010