PRINCIPALES MOHOS Y MICOTOXINAS ASOCIADOS A GRANOS DE MAÍZ EN CAMPOS DE LOS ESTADOS GUÁRICO, PORTUGUESA Y YARACUY, VENEZUELA

Odalís Luzón¹, Marleny Chavarri¹, Claudio Mazzani¹, Venancio Barrientos² y Jesús Alezones²

¹Universidad Central de Venezuela, Facultad de Agronomía, Laboratorio de Micotoxicología, Apartado Postal 4579, Maracay 2101-A, estado Aragua; ²Fundación para la Investigación Agrícola Danac, Apartado Postal 182, San Javier, estado Yaracuy; Venezuela.

Recibido: 26 de mayo de 2006.

Aceptado: 30 de enero de 2007.

RESUMEN

Luzón, O., Chavarri, M., Mazzani, C., Barrientos, V. y Alezones, J. 2007. Principales mohos y micotoxinas asociados a granos de maíz en campos de los estados Guárico, Portuguesa y Yaracuy, Venezuela. Fitopatol. Venez. 20: 25-31.

Se evaluó la incidencia de mohos, aflatoxinas (AFLA) y fumonisinas (FUM) en granos de híbridos de maíz cosechados en campos de Yacurito, estado Portuguesa, Las Velas, estado Yaracuy y El Sombrero, estado Guárico. La incidencia de mohos se determinó por siembra directa de submuestras de cien granos enteros desinfectados, en el medio malta-sal-agar y se calificó como baja entre 0 y 15%, intermedia entre 16 y 30% y alta más de 30%. El contenido de AFLA y FUM se determinó con inmunoensayo específico. Las especies de mohos predominantes fueron Aspergillus flavus (AF) y Fusarium verticillioides (FV). Diferencias significativas entre genotipos en la incidencia de AF, FV, AFLA y FUM se encontraron en Yaracuy y Portuguesa. La incidencia de AF fue de baja a intermedia en la mayoría de los híbridos evaluados, a excepción de P30B87 (39,4 %) en Yaracuy. La incidencia de FV fue de intermedia a alta y el contenido de AFLA y FUM fue bajo en la mayoría de los híbridos. En Guárico se encontraron diferencias significativas para FM, AFLA y FUM, y no significativas para AF. La incidencia de AF fue baja a intermedia. excepto en D2002 (39 %). La incidencia de FV y el contenido de AFLA y FUM fueron bajos. El análisis combinado mostró diferencias altamente significativas entre localidades y en la interacción híbrido por localidad en todas las variables analizadas. Se sugieren diferencias ambientales y genotípicas en la incidencia de mohos y contenidos de micotoxinas.

Palabras clave adicionales: híbridos, incidencia, micotoxinas.

ABSTRACT

Luzón, O., Chavarri, M., Mazzani, C., Barrientos, V. and Alezones, J. 2007. Principal moulds and micotoxinas associated to maize kernels in fields of Guárico, Portuguesa and Yaracuy States, Venezuela. Fitopatol. Venez. 20: 25-31.

The incidence of moulds, aflatoxins (AFLA) and fumonisins (FUM) in maize kernels harvested in fields at Yacurito, Portuguesa State, Las Velas, Yaracuy State and El Sombrero, Guárico State, was evaluated. The incidence of molds was estimated in sub samples of 100 kernels placed on malt-salt-agar-medium. Values in the range of 0-15% were considered low, from 16 to 30 % intermediate and more than 30 % high. AFLT and FUM were quantified through specific immunoassay. The predominant moulds species were Aspergillus flavus (AF) and Fusarium verticillioides (FV). Significant differences among hybrids in the incidence of AF, FV and content of AFLA and FUM were found in Yaracuy and Portuguesa. The incidence of AF was of loss to intermediate in most of the evaluated hybrids, with the exception of P30B87 (39.4%) in Yaracuv. The FV incidence was of intermediate to high and the content of AFLA and FUM was low in most of the hybrids. In Guárico were found significant differences among hybrids for FM, AFLA and FUM, and non significant for AF, the incidence of AF was low to intermediate, and D2002 was most colonized (39 %). The incidence of FV and the content of AFLA and FUM were low. The combined analysis showed highly significant differences among localities and in the interaction hybrid x locality in all the analyzed variables. Environmental and genotypic differences in the incidence of moulds and the contents of micotoxins are suggested.

Additional key words: hybrids, incidence, micotoxins.

INTRODUCCIÓN

El maíz (Zea mays L.) es uno de los cereales más importantes que se cultivan en el mundo, ya que es una materia prima básica de la industria para transformarla en harinas, aceite, proteínas, almidón, bebidas alcohólicas, edulcorantes alimenticios, entre otros. En los países industrializados es cultivado para consumo animal; sin embargo, en países de América Central y del Sur, África y Asia, es particularmente importante para consumo humano. En Venezuela, el alto consumo de este cereal lo perfila como el cultivo de mayor importancia.

El cultivo se afectado por un grupo considerable de enfermedades, las cuales pueden ser ocasionadas por hongos, virus o bacterias. Entre las enfermedades de tipo fúngico se destacan las podredumbres del tallo y la mazorca (21); las mismas pueden ser causadas por diferentes hongos patógenos que producen, no solo un efecto directo sobre la disminución del rendimiento, sino que tiene enormes implicaciones tanto en la calidad del grano como en la salud pública y animal, por la producción de metabolitos tóxicos secundarios llamadas micotoxinas (2,20).

De la gran cantidad de micotoxinas que están presentes en el grano del maíz tiene interés las aflatoxinas y fumonisinas, por su frecuencia y toxicidad (12,18,23). Las aflatoxinas son producidas principalmente por Aspergillus flavus, que es la especie más común en maíz, y A. parasiticus. Esta micotoxina tiene efectos diversos en aves y mamíferos incluído el hombre entre los que destacan la carcinogénesis, su efecto anticoagulante ocasionando extensas hemorragias, la inmunosupresión, retardo en el crecimiento y disminución de la productividad por la interferencia en sistemas enzimáticos lo cual bloquea la síntesis de ácidos nucléicos y proteínas. La tolerancia máxima permitida de estas toxinas en alimentos diversos, incluido el maíz para consumo humano, es de 20 ng/g, 10 ng/g en alimentos concentrados para pollos de engorde y 0,5 ng/g de aflatoxina M, en leche (3,7,23).

Las fumonisinas, producidas por Fusarium verticilloides (sin. F. moniliforme), han sido asociadas con la producción de edema pulmonar en porcinos, leucoencefalomalacia en equinos, carcinogénesis en roedores, mutagenecidad y carcinogénesis en primates, toxicidad en aves de corral, alteración del sistema nervioso, retardo en el crecimiento y otros problemas asociados con la destrucción del metabolismo

de los esfingolípidos y posiblemente cáncer esofágico y otros tipos de cáncer en humanos. La tolerancia máxima permitida de fumonisinas es 5 μ g/g para equinos, 10 μ g/g en alimentos para cerdos, 10 μ g/g en alimentos para bovinos el y 1 μ g/g en maíz para consumo humano (4,5).

En Venezuela ha sido elevada la incidencia de mohos potencialmente toxigénicos en el maíz (11,16). Son numerosas las investigaciones en las cuales se afirma que la contaminación de los granos de maíz con A. flavus y F. verticillioides, y con sus toxinas ocurre desde de campo; además, las condiciones ambientales imperantes en las principales zonas productoras de maíz juegan, un papel fundamental en su incidencia (1,6,10,12). Por tal, motivo, se hace necesario realizar investigaciones tendentes al monitoreo permanente de la incidencia de mohos toxigénicos y micotoxinas en genotipos potencialmente utilizables en explotaciones comerciales bajo condiciones ambientales particulares. El propósito de esta investigación fue determinar la incidencia natural de A. flavus, de aflatoxinas, de F. verticillioides y de fumonisinas en muestras de granos de un considerable número de genotipos de maíz blanco, recolectadas en campos de los estados Guárico, Portuguesa y Yaracuy, y sometidas a un rápido acondicionamiento para evitar cualquier alteración de la calidad micotoxicológica causada por factores favorables al desarroollo de mohos y a la síntesis de micotoxinas durante la postcosecha temprana.

MATERIALES Y MÉTODOS

Procedencia de las muestras. Se analizaron muestras de granos de híbridos comerciales o semi-comerciales de maíz blanco, provenientes de parcelas establecidas por investigadores del Programa de Mejoramiento del Maíz de la Fundación Danac ubicadas en Yacurito, estado Portuguesa (23 híbridos), Las Velas, estado Yaracuy (25 híbridos) y El Sombrero, estado Guárico (21 híbridos), durante el ciclo 2002-2003.

Unidades Experimentales. De lotes comerciales de superficie variable inicialmente sembrados, se muestrearon parcelas de ocho hileras y 90 m de largo (ca 0,1 ha por cada híbrido).

Muestreo. Tres muestras compuestas (3-4 Kg/muestra) se tomaron en la boca de descarga hacia la tolva durante el desplazamiento de la cosechadora a lo largo de 90 m de recorrido. Se seleccionaron tres puntos equidistantes (25, 50 y 75 m) constantes en cada parcela durante la cosecha de las primeras cuatro hileras (ida) y de las cuatro restantes (retorno). Cada muestra compuesta por punto de muestreo (ida + vuelta) representó una observación (3 observaciones/parcela).

Tratamiento de las muestras. Durante las siguientes 24 h después de la cosecha, las muestras fueron trasladadas al Laboratorio, limpiadas manualmente, secadas hasta 12-14% de contenido de humedad, pasadas por el separador Seedburo y las submuestras de trabajo almacenadas a 4° C.

Detección y cuantificación de la micobiota. Se utilizó el método de siembra directa de 100 granos intactos desinfectados (NaClO al 3,6%/30 seg) por muestra, en la superficie del medio malta-sal-agar (pH 5,8), incubación

5-7 d a 23 ± 2 °C y examen bajo lupa estereoscópica. Los resultados se expresaron como % de granos colonizados por A. flavus y F. verticillioides. Para calificar la incidencia de las especies de hongos consideradas en la evaluación se utilizó la escala propuesta por Mazzani et al. (12) según la cual la incidencia se califica como baja (0-15 %), intermedia (16-30 %) y alta (\geq 30 %).

Detección y cuantificación de las micotoxinas. Se utilizó método inmunoquímico con columnas de inmunoafinidad específicas para aflatoxinas $B_1 + B_2$ (Aflatest P) y fumonisinas $B_1 + B_2$ (Fumonitest). Los resultados se expresaron como ng/g de aflatoxinas y µg/g de fumonisinas. Contenidos menores a 20 ng/g de aflatoxinas y 1 µg/g de fumonisinas fueron considerados bajos.

Tratamiento estadístico de los resultados. Para la comparación de híbridos, los resultados de incidencia de cada especie de hongos, contenido de aflatoxinas y contenido de fumonisina fueron sometidos a ANOVA y comparaciones de medias de rangos múltiples de Duncan.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Yacurito, estado Portuguesa. En esta localidad se cosecharon 69 muestras compuestas en 23 parcelas de igual número de híbridos. Las especies de mohos predominantes fueron A. flavus y F. verticillioides, lo cual coincide con investigaciones previas realizadas en Venezuela en las cuales se menciona a éstas especies como las principales infectando al maíz desde el campo en las zonas productoras más importantes (11,13,14). Resultados similares fueron encontrados en Costa Rica donde una de las especies predominantes en maíz fue F. verticillioides (22). Todas las muestras en esta localidad reultaron colonizadas, entre otras, por ambas especies de mohos. El análisis de varianza para la incidencia de A. flavus y F. verticillioides arrojó diferencias altamente significativas entre genotipos (Cuadro 1). El híbrido más colonizado por A. flavus fue D-2002 y resultó ser significativamente diferente de trece de los híbridos. Por otro lado, SF-98 fue el menos colonizado y solo fue diferente de los cinco híbridos con la mayor colonización (Cuadro 2).

La incidencia de A. flavus fue alta en cinco genotipos, intermedia en siete y baja en los restantes. Para F. verticilloides, la mayor incidencia se encontró en D-2562 el cual resultó significativamente diferente de 10 de los híbridos. Por otro lado, P-30F94 fue el menos colonizado y fue significativamente diferente de los 22 híbridos restantes (Cuadro 2). La incidencia de F. verticilloides fue alta en cinco genotipos, intermedia en siete y baja en los restantes. Se confirmó la tendencia observada en investigaciones previas

Cuadro 1. Cuadrados medios y significación de los análisis de varianza de la incidencia de *Aspergillus flavus*⁽¹⁾, *Fusarium verticillioides*⁽²⁾, aflatoxinas y fumonisinas en granos de 23 híbridos de maíz blanco, cosechados en campos del estado Portuguesa, ciclo 2002-2003.

Fuente de variación	G.L.	$Af^{\scriptscriptstyle{(1)}}$	$Fv^{(2)}$	aflatoxinas	fumonisisnas
Híbrido	22	0,06 **	0,03 **	15,46 **	0,08 ns
Error	46	0,02	0,01	2,23	0,08
Cv (%)		31,2	14,4	90,1	81,9

^{**} significativo al 1%. ns: no significativo. Cv: coeficiente de variación.

Cuadro 2. Incidencia de Aspergillus flavus (Af), Fusarium verticillioides (Fv), aflatoxinas y fumonisinas en los granos de 23 híbridos de maíz blanco, cosechados en campos del estado Portuguesa, ciclo 2002-2003.

Híbrido	$\mathbf{Af}^{(1)}$	$\mathbf{F}\mathbf{v}^{\scriptscriptstyle{(1)}}$	$\mathbf{afla}^{(3)}$	$fum^{(4)}$
SF-98	$5,0 e^{(2)}$	37,3 abcdef	2,1 с	0,3(5)
D-2160	6,0 e	46,7 abc	0,9 c	0,0
TOC-350	6,3 e	45,0 abcd	1,3 c	0,1
D-2562	7,0 e	49,3 a	5,9 c	0,1
INIA	9,7 de	38,0 abcdef	0,0 c	0,0
HS-11	10,0 de	28,0 ef	0,3 c	0,0
SK-198	12,0 de	38,7 abcdef	0,7 c	0,0
Pro-314E	12,7 de	43,3 abcde	1,1 c	0,1
HS-9	12,7 de	28,3 ef	0,1 c	0,0
TOC-370	13,7 cde	30,7 bcdef	0,7 c	1,7
SF-108	14,0 cde	32,3 bcdef	1,0 c	0,0
D-3160	17,3 bcde	48,3 ab	2,6 c	0,0
SK-393	19,3 bcde	38,3 abcdef	0,0 c	0,0
P-30F94	23,7 abcde	$9.3 \mathrm{g}$	60,0 b	0,1
H-3002	24,0 abcde	36,3 abcdef	0,0 c	0,2
SF-02	25,7 abcde	28,0 ef	0,0 c	0,1
TOC-127	26,7 abcde	36,3 abcdef	8,4 c	0,1
H-3000	26,7 abcde	37,3 abcdef	0.0 c	0,0
P-1409BW	29,7 abcd	36,0 abcdef	5,7 c	0.2
SEM-176	35,3 abc	26,7 f	2,5 c	0,0
D-9006	35,3 abc	30,3 def	0,0 c	0,0
P-30B87	36,7 ab	24,7 f	113,5 a	0,1
D-2002	44,0 a	26,0 f	3,1 c	0,3

⁽ⁱ⁾Porcentaje de granos colonizados. ⁽²⁾Las medias seguidas de la misma letra son estadísticamente iguales de acuerdo a la prueba de rango múltiple de Duncan (á=0,05). ⁽³⁾ng/g, ⁽⁴⁾g/g, ⁽⁵⁾no se realizó prueba de medias.

(13,14) según la cual, generalmente, los genotipos más colonizados por *A. flavus* se encuentran entre los menos colonizados por *F. verticillioides*. En el Cuadro 2, se puede constatar este comportamiento en los híbridos D-2562, SF-98, D-2160, TOC-350, INIA, P-30F94, D-2002, entre otros.

El análisis de varianza para contenido de aflatoxinas arrojó diferencias altamente significativas entre genotipos (Cuadro 1). En la comparación de medias (Cuadro 2), los híbridos P-30B87 y P-30F94 que presentaron la mayor contaminación (113,45 y 60,00 ng/g, respectivamente) resultaron ser significativamente diferentes del resto y fueron los únicos que excedieron la tolerancia de 20 ng/g establecida para maíz en Venezuela. La baja contaminación con aflatoxinas encontrada en la mayoría de los híbridos, a pesar de la alta incidencia de A. flavus, se explica por el hecho de que las muestras fueron trasladadas de inmediato al laboratorio, secadas, divididas en sub-muestras de trabajo y refrigeradas, reflejándose en los análisis la real situación de campo. La síntesis de aflatoxinas se acelera con manejo deficiente durante la postcosecha temprana antes del acondicionamiento, período en el cual los contenidos de humedad en los granos son altamente favorables para la síntesis de aflatoxinas.

El híbrido Tocorón-370 resultó ser el único que excedió la tolerancia de 1 µg/g de fumonisinas establecida para maíz en algunos países (Cuadro 2). No fueron encontradas diferencias significativas entre genotipos para contenido de esta micotoxina (Cuadro 1). La inusualmente baja contaminación encontrada en la mayoría de los genotipos, a pesar de la alta incidencia de *F. verticillioides*, fue contraria a los resultados de investigaciones previas en las que se determinaron contenidos superiores de fumonisinas como por ejemplo en D-2002 en otra localidad del estado Portuguesa (15).

Las diferencias observadas en la susceptibilidad a A.flavus y a F. verticillioides confirman influencia del genotipo en su comportamiento ante esos patógenos y menos evidentes resultaron las diferencias observadas al evaluar la incidencia de micotoxinas. Esto también ha sido explicado en el sentido de que mecanísmos genéticos distintos e independientes operan en la reacción a una especie de moho y a su micotoxina (3).

Las Velas, estado Yaracuy. En esta localidad se cosecharon 75 muestras compuestas en 25 parcelas de igual número de híbridos. Las especies de mohos predominantes fueron A. flavus y F. verticillioides, lo cual coincide con lo observado en el estado Portuguesa y con otras investigaciones realizadas en Venezuela en las cuales se menciona a éstas especies como las principales infectando al maíz desde el campo en las zonas productoras más importantes (11,12,13,14). Todas las muestras en esta localidad reultaron colonizadas, entre otras, por ambas especies de mohos. El análisis de varianza arrojó diferencias altamente significativas para la incidencia de ambas especies (Cuadro 3). El híbrido más colonizado por A. flavus fue P-30B87 y fue diferente del resto, mientras que los tres híbridos menos colonizados (0,4%) resultaron significativamente diferentes solamente de los tres más colonizados (Cuadro 4). La incidencia de A. flavus fue alta solamente en P-30B87, intermedia en HS-11 y baja en los restantes. La baja incidenciade A. flavus observada fue inusual para el estado Yaracuy donde investigaciones previas mostraron alta incidencia de esta especie de moho en todos los genotipos ensayados durante dos años (13).

Para F. verticilloides, la mayor incidencia se encontró en HS-9 el cual no fue significativamente diferente de cuatro de los híbridos. Por otro lado, SK-198 fue el menos colonizado y solo fue significativamente diferente de nueve híbridos (Cuadro 4). La incidencia de F. verticilloides fue alta en cinco genotipos, intermedia en siete y baja en los restantes. Los híbridos D-2562 y D-2002 estuvieron entre los tres más colonizados por este moho tal como ocurrió en el Yacurito, Edo. Portuguesa. Según la escala utilizada, su incidencia fue baja en 16 genotipos, intermedia en ocho y alta en HS-9.

El análisis de varianza para contenido de aflatoxinas arrojó diferencias altamente significativas entre híbridos (Cuadro 3). En la comparación de medias (Cuadro 4), los híbridos P-1409BW y HS-11 fueron los únicos contaminados con 3,3 y 0,5 ng/g, respectivamente, y solamente el primero resultó ser diferentes de los demás. Veintitrés híbridos no presentaron contaminación y ninguno excedió la tolerancia de 20 ng/g establecida para maíz en Venezuela. La baja contaminación con aflatoxinas encontrada en la mayoría de los híbridos, guarda estrecha relación con la baja incidencia de A. flavus y con el hecho de que las muestras fueron trasladadas de inmediato al laboratorio, divididas en submuestras de trabajo y refrigeradas, reflejándose en estos análisis la real situación de campo.

Cuadro 3. Cuadrados medios y significación de los análisis de varianza de la incidencia de *Aspergillus flavus*⁽¹⁾, *Fusarium verticillioides*⁽²⁾, aflatoxinas y fumonisinas en granos de 25 híbridos de maíz blanco, cosechados en campos del estado Yaracuy, ciclo 2002-2003.

Fuente de variación	G.L.	Af (1)	$Fv^{\scriptscriptstyle{(2)}}$	aflatoxinas	fumonisisnas
Híbrido	24	0,06 **	114,49 **	0,14 **	0,03 **
Error	50	0,01	32,40	0,04	0,00
Cv (%)		60,5	38,6	23,2	12,3

^{**} significativo al 1%. ns: no significativo. Cv: coeficiente de variación.

Cuadro 4. Incidencia de Aspergillus flavus (Af), Fusarium verticillioides (Fv), aflatoxinas y fumonisinas en los granos de 23 híbridos de maíz blanco, cosechados en campos del estado Yaracuy, ciclo 2002-2003.

Híbrido	$\mathbf{Af}^{(1)}$	$\mathbf{F}\mathbf{v}^{\scriptscriptstyle{(1)}}$	$\mathbf{afla}^{(3)}$	$fum^{(4)}$	
Testigo	0,4 d ⁽²⁾	18,7 bcde	0,0 b	0,0 b	
TOC-350	0,4 d	10,3 def	0,0 b	0,0 b	
SK-198	0,4 d	6,0 f	0,0 b	0,0 b	
D-2160	1,4 cd	18,7 bcde	0,0 b	0,0 b	
MTC-93224	1,7 cd	9,0 def	0,0 b	0,0 b	
D-2002	1,7 cd	27,7 ab	0,0 b	0,1 b	
TOC-127	1,7 cd	18,7 bcde	0,0 b	0,0 b	
SEM-176C	1,7 cd	12,3 def	0.0 b	0,0 b	
TOC-370	1,7 cd	11,0 def	0,0 b	0,0 b	
D-2562	1,7 cd	24,0 abc	0,0 b	0,0 b	
D-3160	2,1 cd	17,3 bcde	0,0 b	0,0 b	
HS-9	2,4 cd	30,0 a	0,0 b	0.0 b	
D-9006	2,7 cd	14,7 cdef	0.0 b	0,3 a	
H-3000	3,1 cd	9,0 def	0,0 b	0,0 b	
SF-96	3,4 cd	3,3 ef	0,0 b	0,0 b	
HS-13	4,4 cd	12,7 def	0,0 b	0,0 b	
C-491	6,7 bcd	9,3 def	0,0 b	0,0 b	
D-molinero	7,4 bcd	19,7 abcd	0.0 b	0,0 b	
SF-98	8,1 bcd	10,3 def	0,0 b	0,0 b	
P-30F-94	8,1 bcd	12,7 def	0,0 b	0,0 b	
C-114	9,1 bcd	13,3 cdef	0,0 b	0,0 b	
SF-02	, 10,4 bcd	20,0 abcd	0,0 b	0,0 b	
P-1409BW	14,1 bc	9,7 def	3,3 a	3,3 a	
HS-11	17,4 b	13,3 cdef	$0.5 \mathrm{b}$	0,5 b	
P-30B87	39,4 a	7,3 ef	0,0 b	0.0 b	

⁽ⁱ⁾Porcentaje de granos colonizados. ⁽²⁾Las medias seguidas de la misma letra son estadísticamente iguales de acuerdo a la prueba de rango múltiple de Duncan (á=0,05). ⁽³⁾ng/g. ⁽⁴⁾j g/g.

El análisis de varianza para contenido de aflatoxinas arrojó diferencias altamente significativas entre híbridos (Cuadro 3). En la comparación de medias (Cuadro 4), los híbridos P-1409BW y HS-11 fueron los únicos contaminados con 3,3 y 0,5 ng/g, respectivamente, y solamente el primero resultó ser diferentes de los demás. Veintitrés híbridos no presentaron contaminación y ninguno excedió la tolerancia de 20 ng/g establecida para maíz en Venezuela. La baja contaminación con aflatoxinas encontrada en la mayoría de los híbridos, guarda estrecha relación con la baja incidencia de A. flavus y con el hecho de que las muestras fueron trasladadas de inmediato al laboratorio, divididas en submuestras de trabajo y refrigeradas, reflejándose en estos análisis la real situación de campo.

Ningún híbrido excedió la tolerancia de 1 µg/g establecida para maíz en otros países, y aun cuando se encontraron diferencias altamente significativas entre híbridos para contenido de fumonisinas (Cuadro 3) no tiene sentido alguna discusión al respecto. Llamó la atención la baja incidencia de fumonisinas encontrada en esta investigación en comparación con investigaciones realizadas anteriormente como por ejemplo en maíz amarillo en Yaracuy durante el año 2000 (9).

Las diferencias observadas en la susceptibilidad de los híbridos a *A. flavus* y a *F. verticillioides* confirman influencia del genotipo en su comportamiento ante esos patógenos. Poco o nada evidentes resultaron las diferencias observadas al evaluar la incidencia de micotoxinas.

El Sombrero, estado Guárico. En esta localidad se cosecharon 63 muestras compuestas en 21 parcelas de igual número de híbridos. Las especies de mohos predominantes fueron A. flavus y F. verticillioides, lo cual coincide con

investigaciones previas realizadas en Venezuela en las cuales se menciona a éstas especies como las principales infectando al maíz desde el campo en las zonas productoras más importantes. Todas las muestras en esta localidad reultaron colonizadas, entre otras, por ambas especies de mohos. El análisis de varianza arrojó diferencias altamente significativas para la incidencia de *F. verticillioides* y no significativas para *A. flavus* (Cuadro 5). La incidencia de *A. flavus* fue baja en todos los genotipos. Esto se observó con otros híbridos durante otros años de evaluación (9,13,14). No se realizó prueba de comparación de medias (Cuadro 6).

Para F. verticilloides, la mayor incidencia se encontró en D-2002 sin diferencias significativas con ocho genotipos. El híbrido HS-11 resultó ser el menos colonizado y significativamente diferente de catorce genotipos. Llama la atención la susceptibilidad mostrada por D-2002 el cual también presentó colonización intermedia (16-30%) en los estados Portuguesa y Yaracuy (Cuadro 6). De acuerdo con la escala utilizada, su incidencia fue baja en HS-11, intermedia en 14 genotipos y alta en cinco lo cual concuerda con resultados obtenidos en otras investigaciones según las cuales F. verticillioides es la especie de moho toxigénico más importante en maíz en el estado Guárico (9,13,14,15).

El análisis de varianza para contenido de aflatoxinas arrojó diferencias altamente significativas entre híbridos (Cuadro 5). La comparación de medias (Cuadro 6) no aportó elementos para discusión alguna. Solamente cuatro híbridos estudiados resultaron contaminados y ninguno excedió la tolerancia de 20 ng/g establecida para maíz en Venezuela. La baja contaminación con aflatoxinas en la mayoría de los híbridos, guarda estrecha relación con la baja incidencia de A. flavus lo cual ha sido constante en otras evaluaciones en este estado.

Fueron encontradas diferencias altamente significativas entre híbridos para incidencia de fumonisinas (Cuadro 5), aunque ningún híbrido excedió la tolerancia de 1 µg/g establecida para maíz en otros países. La inusualmente baja contaminación con fumonisinas encontrada en estas muestras del estado Guárico (Cuadro 6), a pesar de la intermedia hacia alta incidencia de F. verticillioides, tiene la misma explicación sugerida para las localidades anteriores. Asimismo, los contenidos de esas toxinas fueron menores a los detectados en otra localidad de éste mismos estado durante los años 2000 y 2001 (14,15).

Análisis combinado de los resultados de las tres localidades. El análisis se realizó sobre 108 muestras compuestas de los 12 híbridos comunes a las treslocalidades. El análisis de varianza combinado arrojó diferencias

Cuadro 5. Cuadrados medios y significación de los análisis de varianza de la incidencia de *Aspergillus flavus*⁽¹⁾, *Fusarium verticillioides*⁽²⁾, aflatoxinas y fumonisinas en granos de 25 híbridos de maíz blanco, cosechados en campos del estado Guárico, ciclo 2002-2003.

Fuente de variación	G.L.	Af (1)	$\mathrm{Fv}^{(2)}$	aflatoxinas	fumonisisnas
Híbrido	20	0,016 ns	0,02 **	0,02 **	0,09 **
Error	42	0,01	0,01	0,02	0,02
Cv (%)		61,9	13,6	20,5	41,2

^{**} significativo al 1%. ns: no significativo. Cv: coeficiente de variación.

Cuadro 6. Incidencia de Aspergillus flavus (Af), Fusarium verticillioides (Fv), aflatoxinas y fumonisinas en los granos de 20 híbridos de maíz blanco, cosechados en campos del estado Guárico, ciclo 2002-2003.

Híbrido	$\mathbf{Af^{(1)}}$	$\mathbf{F}\mathbf{v}^{\scriptscriptstyle{(1)}}$	$\mathbf{afla}^{(3)}$	$fum^{(4)}$
HS-11	11,7 f ⁽²⁾	0,7(5)	0,00 b	0,00 c
SF-108	15,7 ef	8,1	0,00 b	0,00 c
P-30B87	21,0 cdef	0,7	0,00 b	0.46 b
P-30F-94	22,0 cdef	2,1	0,00b	0,10 bc
TESTIGO1	22,3 cdef	6,7	0,01 b	0,07 be
HS-9	22,7 bcdef	2,4	0,00 b	0,90 a
SF-96	23,7 bcde	3,1	0,00b	0,14 bc
SEM-176C	25,3 bcde	6,7	0,00 ь	0,03 c
TESTIGO 2	25,7 bcde	6,1	0,18 a	0,00 c
H-3000	26,0 bcde	2,7	0,00b	0,00 c
D-2562	26,3 bcde	9,4	0,20 a	0,22 bc
SF-02	27,7 abcd	3,4	0,00 b	0.12 bc
D-molinero	28,0 abcd	1,4	0,00 b	0,14 bc
H-3002	28,3 abcd	0,7	0,00 b	0.03 c
D-3160	29,7 abcd	2,1	0,00 b	0,00 c
P-1409BW	31,0 abc	7.1	0.00 b	0,00 c
SK-198	31,3 abc	11,1	0,00 b	0,22 bc
PRO-314E	31,3 abc	2,4	0,00ъ	0,02 c
SK-393	34,7 ab	1,4	0,00 b	0,03 c
D-2002	39,0 a	5,7	0,07 b	0,01 c

[®]Porcentaje de granos colonizados. [®]Las medias seguidas de la misma letra son estadísticamente iguales de acuerdo a la prueba de rango múltiple de Duncan (á=0,05). [®]ng/g, [®]lg, [®]no se realizó prueba de medias.

localidades y la interacción híbrido x localidad para incidencia de A. flavus, F. verticillioides, aflatoxinas y fumonisisnas (Cuadro 7). Importante fue la significación encontrada entre localidades que confirmó resultados previos de que hay efecto del ambiente sobre la susceptibilidad de los híbridos o sobre la patogenicidad de los hongos, aspecto reforzado por la significación de la interacción híbrido x localidad, según la cual el comportamiento de un genotipo en particular es altamente dependiente del ambiente donde se cultive.

La incidencia media de *A. flavus* fue baja en nueve genotipos e intermedia en tres. La incidencia media de *F. verticillioides* fue alta en los híbridos D-2562, D-3160 y DANAC-2002, e intermedia en los demás a excepción de P-30F94 que presentó baja incidencia. La comparación de medias combinada para incidencia de aflatoxinas aportó pocos elementos para la discusión, y solamente los híbridos P-30B87 y P-30F94 excedieron la tolerancia de 20 ng/g. Las posibles causas de la baja contaminación con aflatoxinas ya fueron explicadas para cada localidad. Cuando se comparó la incidencia media combinada de

Cuadro 7. Cuadrados medios y significación de los análisis de varianza combinados de la incidencia de Aspergillus flavus (1), Fusarium verticillioides (2), aflatoxinas y fumonisinas en granos de 12 híbridos de maíz blanco, cosechados en campos de los estados Guárico, Portuguesa y Yaracuy, ciclo 2002-2003.

Fuente de variación	G.L.	Af (1)	$\mathbf{F}\mathbf{v}^{(2)}$	aflatoxinas	fumonisisnas
Híbridos	11	0,06 **	0,05 **	8,68 **	0,05 **
Localidad	2	0,98 **	0,37 **	49,50 **	0,23 **
Híb. x Loc.	22	0,06 **	0,03 **	8,96 **	0,06 **
Error	72	0,02	0,01	1,43	0,02
Cv (%)		44,7	18,3	120,9	45,1

^{**} significativo al 1%. ns: no significativo. Cv: coeficiente de variación.

Cuadro 8. Incidencia de Aspergillus flavus (Af), Fusarium verticillioides (Fv), aflatoxinas y fumonisinas en los granos de 12 híbridos de maíz blanco, cosechados en campos del estado Guárico, Portuguesa y Yaracuy, ciclo 2002-2003.

Híbrido	$\mathbf{Af}^{(1)}$	$\mathbf{F}\mathbf{v}^{\scriptscriptstyle{(1)}}$	$\mathbf{afla}^{(3)}$	$fum^{(4)}$
HS-9	$5.8 c^{(2)}$	27,0 abc	0,02 b	0,30 a
D-2562	6,0 c	33,2 a	2,03 b	0,10 b
D-3160	7,1 c	31,8 ab	0,85 b	0,00 b
SK-198	7,8 bc	25,3 bcd	0,22 b	0,07 b
HS-11	9,3 bc	17,7 de	0,26 b	0,00 b
H-3000	10,7 bc	24,1 bcd	0,00 b	0,00 b
P-30F94	11,2 bc	14,7 e	20,00 b	0.06 b
SF-02	13,1 bc	25,2 bcd	0,00 b	0,05 b
SEM-176C	14,6 bc	21,4 cde	0,83 b	0.87b
P-1409BW	16,9 b	25,2 bc	2,97 b	0,05 b
D-2002	17,1 b	30,9 ab	1.07 b	0.15 ab
P-30B87	25,6 a	17,7 de	37,80 a	0.19 ab

⁽ⁱ⁾Porcentaje de granos colonizados. ⁽²⁾Las medias seguidas de la misma letra son estadísticamente iguales de acuerdo a la prueba de rango múltiple de Duncan (á=0,05). ⁽³⁾ng/g, ⁽⁴⁾j g/g,

fumonisinas ningún híbrido excedió la tolerancia de 1 μg/g (Cuadro 8), a diferencia de lo encontrado en maíz en Argentina donde el 81% de las muestras analizadas mostró valores mayores a la tolerancia en los países con legislación al respecto (8). También en siembras comerciales en Venezuela se encontraron hasta 10 μg/g en el estado Portuguesa y hasta 13 μg/g en el estado Guárico (15).

Las diferencias observadas en la susceptibilidad de los híbridos a A. flavus y a F. verticillioides y la incidencia encontrada de estos mohos, así como las diferencias observadas entre localidades, confirmaron lo urgente que resulta que el estado norme sobre la necesidad de incluir el los ensayos regionales la evaluación rutinaria de los genotipos por susceptibilidad a esos mohos y a sus micotoxinas. Esto deberá desarrollarse en diferentes ambientes y durante varios ciclos de producción, dadas las usuales variaciones climáticas entre localidades y entre años en una misma localidad de Venezuela, antes de que tales genotipos sean liberados a los agricultores para su producción a escala comercial.

También se demostró, en líneas generales, que el rápido acondicionamiento de los granos una vez que son cosechados minimiza el riesgo de contaminación con aflatoxinas y fumonisinas inclusive en los casos en que una alta presión de inóculo esté presente en los granos (12,20).

LITERATURA CITADA

- Angelo, M. 1997. Accumulations of fumonisins in maize hybrids inoculated under field conditions with Fusarium moniliforme Sheldon. J. Sc. Food Agric. 74: 16.
- Bean, G. A. and Echandi, R. 1989. Maize mycotoxins in Latin America. Plant Dis. 73(7): 597-600.
- Brown, R. L. Chen, Z., Cleveland, T. E. and Russin, J. S. 1999. Advances in the development of host resistance in corn to aflatoxin contamination by Aspergillus flavus. Phytopathology 89: 113-117.
- Chulze, S., Ramírez, M., Famochi, M., Angelo, M. and March, G. 1996. Fusarium and fumonisin occurrence in argentinian corn at different ear maturity stages. J. Agric. Food Chem. 44: 2797-2801.
- Dowling, T. S. 1997. Fumonisin and its toxic effects. Cereal Foods World 42(1): 13-15.

- Jones, R. K., Duncan, H. E. and Hamilton, P. B. 1981. Planting date, harvest date, and irrigations effects on infection and aflatoxin production by Aspergillus flavus in field corn. Phytopathology 71: 810-811.
- Jelinek, C., Pohland, A. and Word, G. E. 1989. Worldwide occurrence of micotoxins in foods and feeds, J. Assoc. Off. Anal. Chem. 72: 223-229.
- López, C., Bulacio, L., Ramos, L., Amigot, S., Ramadán, S., D'Esposito, R., Knass, P. y Fulgueira, C. 2006. Detección de fumonisinas en muestras de maíz en Argentina. Livro de Resumos V Congreso Latinoamericano de Miocotoxicología. Florianopolis, Brasil. p. 247.
- Luzón, O., Martínez, A., Mazzani, C. y Figueroa, R. 2003. Comportamiento de genotipos de maíz de granos amarillo ante Fusarium moniliforme y fumonisinas en dos localidades de Venezuela. Fitopatol. Venez. 16:17-21.
- Magan, N. 2000. Ecology and potencial control of mycotoxigenic fungi and mycotoxins in cereals. Memorias III Congreso Lationoamericano de Micotoxicología, Córdoba, Argentina. p. 11
- Martínez, A. 1991. Contribución al estudio de la flora fúngica y su toxicidad e incidencia de aflatoxinas en cereales y oleaginosas cultivadas en Venezuela. Trabajo de ascenso. Caracas, Venezuela. Universidad Central de Venezuela. 290 pp.
- Mazzani, C. 2005. Control integrado de mohos toxigénicos y micotoxinas en granos. XIX Congreso Venezolano de Fitopatología. Barquisimeto, Venezuela. (Memoria en formato electrónico). 6 pp.
- Mazzani C., Borges, O. Lůzón, O., Barrientos, V. y Quijada P. 1999. Incidencia de Aspergillus flavus, Fusarium moniliforme, aflatoxinas y fumonisinas en ensayos de híbridos de maíz en Venezuela. Fitopatol. Venez. 12: 9-13.
- Mazzani C., Borges, O. Luzón, O., Barrientos, V. y Quijada P. 2000. Fusarium moniliforme, fumonisinas y Aspergillus flavus en granos de híbridos de maíz en el Estado Guárico, Venezuela. Rev. Fac. Agron. (LUZ) 17:185-195.

- Mazzani C., Borges, O. Luzón, O., Barrientos, V. and Quijada P. 2001.
 Occurrence of Fusarium moniliforme and fumonisinas in kernels of maize hybrids in Venezuela. Brazilian Journal of Microbiology 32: 345-349.
- Mazzani, C., Beomont, P., Luzón, O. y ChavarrI, M. 2004. Micobiota asociada a granos de maíz en Venezuela y capacidad aflatoxigénica in vitro de los aislamientos de Aspergillus flavus. Fitopatol. Venez. 17: 19-23.
- 17. Mazzani, C., Luzón, O., Chavarri, M. y Fernández, M. 2005. Incidencia de Fusarium monitiforme y fumonisinas en maíz cosechado enpequeñas explotaciones y conucos de algunos estados centrooccidentales de Venezuela. Livro de Resumos V Congreso Latinoamericano de Miocotoxicología. Florianopolis, Brasil. p. 209.
- Pascale, M. Visconti, A., Pronoezuk, M. Winiewska H. and Chelkowski, J. 1997. Accumulation of fumonisins in maize hybrids inoculated under field conditions with Fusarium moniliforme Sheldon. J. Sci. Food Agric. 74:1-6.
- Payne, G. A. 1988. Aflatoxin accumulation in inoculated ears of fieldgrown maize. Plant Dis. 72: 422-424.
- Scussel, V. M. 2002. Cápitulo 9.1: Fungos em grâos armazenados; Cápitulo 9.2: Micotoxinas em grâos armazenados. In Armazenagem de grâos. I. Lorini, L.H. Miike e V.M. Scussel (eds.). Campinas, Brasil. IBG. 983 pp.
- Shurtleff, M. C. (ed.). 1980. Compendium of corn diseases. 2nd. ed. APS Press. Minnesota, EE.UU. 105 pp.
- Viquez, O., Castell-Perez, M. and Shelby, R. 1996. Occurence of fumonisin B1 in maze grown in Costa Rica. J. Agric. Food Chem. 44: 2789-2791.
- Widstrom, N. W. 1996. The aflatoxin problem with corn grain. Advances in Agronomy 56: 219-280.
- Zummo, N. and Scott, G. E. 1992. Interaction of Fusarium moniliforme and Aspergillus flavus on kernel infection and aflatoxin contamination in maize ears. Plant Dis. 76: 771-773.