

COMPORTAMIENTO DE GENOTIPOS DE MAÍZ DE GRANO AMARILLO ANTE *FUSARIUM MONILIFORME* Y FUMONISINAS EN DOS LOCALIDADES DE VENEZUELA

Odalís Luzón¹, Amaury Martínez², Claudio Mazzani¹, Rosana Figueroa¹ y Venancio Barrientos³

Universidad Central de Venezuela, ¹Facultad de Agronomía, Apdo. 4579, Maracay 2101-A, Edo. Aragua; ²Facultad de Ciencias, Apdo. 47097, Caracas 41-A, Dtto. Capital. ³Fundación para la Investigación Agrícola DANAC, Apdo. 182, San Javier, Edo. Yaracuy.

Recibido: 28 de enero de 2003.

Aceptado: 10 de junio de 2003.

RESUMEN

Luzón, O., Martínez, A., Mazzani, C., Figueroa, R. y Barrientos, V. 2003. Comportamiento de genotipos de maíz de grano amarillo ante *Fusarium moniliforme* y fumonisinas en dos localidades de Venezuela. *Fitopatol. Venez.* 16:17-21.

Para identificar la micobiota asociada a granos de genotipos de maíz amarillo (gma) y evaluar la incidencia de *Fusarium moniliforme* (*Fm*) y hongos totales (Ht), y el contenido de fumonisinas (Fum), se condujeron ensayos bajo un diseño de bloques completos al azar, en San Javier (SJ), Edo. Yaracuy, durante el año 1999 (15 gma) y en SJ y El Sombrero (ES), Edo. Guárico, durante el año 2000 (20 gma). La incidencia de *Fm* y Ht se determinó por siembra directa en el medio malta sal agar, de granos desinfectados calificándola baja, intermedia o alta según los valores <15%, 15-30% y >30%, respectivamente. Los contenidos de Fum se analizaron mediante inmunoensayo específico considerando altos aquellos mayores a 1 ppm. Las especies de hongos identificadas fueron *Aspergillus flavus*, *A. niger*, *A. parasiticus*, *A. tamarii*, *Alternaria* sp., *Penicillium* spp. y *F. moniliforme*. Este último presentó la mayor frecuencia e incidencia. *Fm* se encontró en todas las muestras evaluadas y su incidencia mostró diferencias significativas entre genotipos en SJ durante 1999 y en ES durante 2000. La incidencia se incrementó durante el año 2000 en ambas localidades, siendo mayor en ES. El contenido de fumonisinas no fue significativamente diferente entre híbridos en ningún ensayo y sólo dos genotipos excedieron la tolerancia en SJ durante el año 2000. La incidencia de Ht resultó alta en todos los ensayos lo cual puede afectar negativamente la calidad de granos. Los resultados mostraron algunas diferencias entre híbridos ante *Fm*, efecto ambiental sobre la relación huésped-patógeno y comportamiento consistente de la mayoría de los híbridos entre localidades y años de evaluación.

Palabras clave adicionales: híbridos, hongos, incidencia, micotoxinas.

ABSTRACT

Luzón, O., Martínez, A., Mazzani, C., Figueroa, R. and Barrientos, V. 2003. Behavior of maize genotypes of yellow kernels to *Fusarium moniliforme* and fumonisins in two locations of Venezuela. *Fitopatol. Venez.* 16: 17-21.

To identify the mycobiota associate with kernels of yellow genotypes of maize (ygm) and to evaluate incidence of *Fusarium moniliforme* (*Fm*), total fungus (Tf) and fumonisins (Fum) content (Fum), trials (using a completely randomized block design) were conducted at San Javier (SJ), Yaracuy state during 1999 (15 ygm), and also at SJ and El Sombrero (ES), Guárico state in 2000 (20 ygm). The incidence of *Fm* and Ht was estimated placing disinfected kernels on a malt-salt-agar medium, and it was considered as low, intermediate and high according to the values <15%, 15-30% or >30%, respectively. Fum contents were quantified through specific immunoassays, values greater than 1 ppm were considered high. Identified fungi species were *Aspergillus flavus*, *A. niger*, *A. parasiticus*, *A. tamarii*, *Alternaria* sp., *Penicillium* spp. and *F. moniliforme*, this one showed the greater frequency and incidence. *Fm* was found in every sample. Significant differences among hybrids were found at SJ during 1999 and at ES during 2000 for *Fm* incidence. *Fm* incidence increased during 2000 at both locations. Non significant differences among genotypes were found for Fum content and only two of them surpassed 1 ppm. Tf incidence was large in all trials, this maybe affects kernel quality. The results showed some differences among hybrids for *Fm*, large environment effect and consistent performance of many hybrids across locations and years.

Additional key words: fungi, hybrids, incidence, micotoxins.

INTRODUCCIÓN

El maíz (*Zea mays* L.) constituye el alimento básico de mayor importancia en casi todos los países de América, desempeñó un papel esencial en el desarrollo del Continente Americano y es el cultivo anual más valioso de EE.UU. El maíz tiene amplio aprovechamiento en el consumo humano y animal, así como en la industria. Se le puede explotar con varios fines, en forma directa y subproductos (3).

En Venezuela, se siembran alrededor de medio millón de hectáreas casi exclusivamente con maíz blanco para el consumo humano, para lo cual también se destina el pequeño volumen de maíz amarillo cosechado en el estado Guárico (11). La industria de alimentos balanceados para animales ha cubierto sus necesidades de maíz amarillo con importaciones. En los últimos años se ha observado un creciente interés en que se produzca maíz de grano amarillo en Venezuela, por lo que en algunos programas de mejoramiento se han incluido ensayos con el fin de seleccionar genotipos adaptados y de alta producción.

El cultivo se ve afectado por diversos factores, tanto abióticos como bióticos, entre los que destacan hongos patógenos primarios de la planta, débiles parásitos o especies saprofitas, causantes de deterioro en la calidad de los granos. Las principales especies de hongos que infectan granos de maíz son referibles a los géneros *Aspergillus*, *Penicillium* y *Fusarium*, muchas de las cuales producen metabolitos tóxicos denominados micotoxinas (9).

El control de hongos toxigénicos y micotoxinas es muy importante en maíz. El mismo es un problema sujeto a monitoreo permanente en la industria de alimentos de consumo masivo como en alimentos balanceados para animales. La prevención de la infección y síntesis de micotoxinas es la opción más lógica y económica ya que se ha encontrado que la colonización del maíz por *F. moniliforme* y *A. flavus*, y la contaminación con sus toxinas ocurre desde el campo (5,6). Es por esto que las investigaciones son dirigidas a la selección de cultivares resistentes a esas especies y a sus toxinas como alternativa económica y segura para reducir el problema. Es importante incluir en los programas de selección

y mejoramiento del maíz en Venezuela la evaluación de la susceptibilidad de los cultivares que estarán disponibles para siembras comerciales. En tal sentido, el objetivo de esta investigación fue evaluar la composición y la incidencia de la micobiota, con énfasis en *F. moniliforme* y el contenido de fumonisinas, en híbridos de maíz de grano amarillo en siembras experimentales en dos localidades de Venezuela.

MATERIALES Y MÉTODOS

Híbridos evaluados y ubicación de los ensayos. Los genotipos evaluados fueron híbridos experimentales y testigos comerciales incluidos en los ensayos regionales del Programa de Mejoramiento del Maíz conducidos por investigadores de la Fundación para la Investigación Agrícola DANAC. Durante el año 1999 se realizó un ensayo ubicado en San Javier (SJ), Estado Yaracuy, conformado por 15 híbridos experimentales de maíz amarillo, y durante el año 2000, se desarrollaron ensayos en SJ y en El Sombrero (ES), Edo. Guárico, que incluyeron 20 híbridos, cinco de los cuales habían sido evaluados el año anterior (Cuadro 2).

Diseño experimental. El diseño experimental fue bloques completos al azar con cuatro repeticiones durante 1999 y tres durante 2000. Cada unidad experimental estuvo conformada por 2 hileras de 5 m de largo. La distancia entre hileras fue de 0,80 m y entre plantas de 0,25 m (40 plantas por parcela). Fueron cosechadas todas las plantas de cada parcela. Las muestras (1-2 Kg de granos), fueron tomadas del total cosechado por parcela y llevadas al Laboratorio de Micotoxicología de la Facultad de Agronomía de la Universidad Central de Venezuela para los respectivos análisis.

Aislamiento e identificación de la micobiota y cuantificación de la incidencia de *Fusarium moniliforme* (Fm) y de hongos totales (Ht). Cien granos intactos de cada genotipo por cada repetición fueron desinfectados con hipoclorito de sodio al 3,5 % durante 30 seg., lavados 3 veces con agua destilada estéril, secados en placas de Petri con papel de filtro estéril y sembrados en la superficie del medio malta-sal-agar (pH 5,8; 12-13 granos/placa). Después de 7 d de incubación a 22 ± 4°C, con períodos alternos de 12 h luz y 12 h oscuridad, se procedió, utilizando una lupa estereoscópica, a contar el número de granos colonizados por cada especie de hongo, por Fm y Ht, así como a su aislamiento. A partir de colonias puras de 5 a 7 d de edad, se realizaron preparados in vivo para el estudio morfológico de las estructuras con valor taxonómico y, con el uso de claves y descripciones micológicas (9,10), se identificaron los hongos hasta especie, salvo pocas excepciones. Los resultados de

incidencia se expresaron como porcentaje promedio de granos colonizados (10) calificándola de baja, intermedia o alta según los valores <15%, 15-30% y >30%, respectivamente.

Contenido de fumonisinas (Fum). Se evaluó el contenido total de fumonisinas (B₁ + B₂) mediante inmunoensayo específico (Fumonitest, VICAM Science Technology, EE.UU.) el cual utiliza columnas de afinidad que contienen anticuerpos monoclonales altamente específicos para esas micotoxinas. En general, consiste en la molienda en seco de 50 g de muestra, extracción en una solución metanol-agua + NaCl, filtración-dilución, paso a través de la columna de afinidad, lavados, extracción de la toxina pura con metanol HPLC grado, derivatización y fluorometría (4). Los resultados fueron expresados como ppm de fumonisinas, considerándose altos valores mayores a 1 ppm.

Tratamiento estadístico de los resultados. Los resultados de incidencia de *F. moniliforme* y hongos totales, así como del contenido de fumonisinas, fueron evaluados por análisis de varianza y comparación de medias por la prueba de rangos múltiples de Duncan. Fue necesario transformar a arc sen √%100 la incidencia de hongos y a Log el contenido de fumonisinas en ppm, a fin de cumplir con los supuestos del análisis.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Ensayo San Javier, estado Yaracuy, 1999 (SJ-1). En las muestras provenientes de este ensayo se determinó baja incidencia de hongos. La micobiota asociada a los granos estuvo conformada por varias especies de hongos entre las cuales, por su frecuencia e incidencia, predominó *F. moniliforme*. El análisis de varianza mostró diferencias significativas entre híbridos para incidencia de esta especie de hongo y diferencias no significativas para incidencia de hongos totales (Cuadro 1). La incidencia de *F. moniliforme* fue baja (<15%) en todos los genotipos, mientras que la incidencia de hongos totales fue de baja a intermedia (<30%) (Cuadro 2). Dada la baja incidencia de *F. moniliforme* en este ensayo no se analizó el contenido de fumonisinas, aun cuando algunas veces ambas variables no se correlacionan. Cinco híbridos, seleccionados por su rendimiento y otras características deseables en evaluaciones paralelas a esta investigación, fueron escogidos para ser incluidos en los ensayos del siguiente año.

Ensayo San Javier, estado Yaracuy, 2000 (SJ-2). Al igual que en el ensayo SJ-1, la especie de hongo predominante fue *F. moniliforme* la cual presentó incrementos notables en su incidencia con respecto al año anterior, sin diferencias significativas entre híbridos para esta variable (Cuadro 1). La

Cuadro 1. Cuadrados medios y significación del análisis de varianza de la incidencia de *Fusarium moniliforme*, hongos totales y contenido de fumonisinas en híbridos de maíz amarillo, en San Javier, estado Yaracuy, durante los años 1999 (SJ-1) y 2000 (SJ-2).

Fuente de Variación	Grados de Libertad		<i>Fusarium moniliforme</i>		Hongos totales		Fumonisinias	
	1999	2000	1999	2000	1999	2000	1999	2000
Híbrido	14	19	0,017 ⁽¹⁾ **	0,024 n.s.	0,045 n.s.	0,036 n.s.	--	1,134 ⁽²⁾ n.s.
Repetición	3	2	0,013 n.s.	0,033 n.s.	0,003 n.s.	0,021 n.s.	--	9,509 n.s.
Error	42	39	0,006	0,023	0,028	0,024	--	1,829
C.V. (%)			41,33	32,40	48,78	26,26	--	76,05

(1) valores transformados a arcsen √% de granos colonizados/100 (2)-valores transformados a log ppm de fumonisinas.
 **: significativo al 1%. n.s.: no significativo. C.V.: coeficiente de variación. --: no se determinó.

Cuadro 2. Incidencia de *Fusarium moniliforme* y hongos totales y contenido de fumonisinas en los granos de híbridos de maíz amarillo en San Javier, estado Yaracuy, durante los años 1999 (SJ-1) y 2000 (SJ-2).

Híbrido	1999		2000			
	<i>Fusarium moniliforme</i> ⁽¹⁾	Hongos totales ⁽¹⁾	Híbrido	<i>Fusarium moniliforme</i> ⁽¹⁾	Hongos totales ⁽¹⁾	Fumonisin ⁽²⁾
D 4333	1,25	d ⁽³⁾	D 3336	11,33 ⁽⁴⁾	17,00 ⁽⁴⁾	0,23 ⁽⁴⁾
D 4313	1,50	d	D 2727	12,00	15,33	0,21
D 4328	1,50	d	D 4192	12,00	29,33	0,37
D 4316	2,25	c d	CENIAP-81	13,67	23,00	1,34
D 4314	3,25	c d	D 2722	14,67	17,00	0,73
D 4327	3,25	c d	D 3313	16,33	25,00	0,65
D 4326	3,50	c d	D 3316	18,33	33,00	0,61
D 2482	3,50	c d	D 2544	19,00	23,00	0,19
D 4334	4,25	b c d	FP 2AT	19,33	31,33	0,15
D 2465	4,75	a b c d	D 2724	21,00	31,00	0,89
D 4322	5,25	a b c d	D 2486	21,67	34,33	0,72
D 2468	5,25	a b c d	D 2465	21,67	30,67	0,48
D 4319	7,25	a b c	D 2546	22,67	48,67	0,90
D 2486	8,75	a b	D 4326	25,00	32,33	0,56
D 4324	9,50	a	D 2468	25,00	36,00	0,39
			D 2549	27,33	40,33	0,26
			AVN-C ₁	28,00	42,00	0,21
			D 3335	33,00	40,00	0,79
			D 2482	33,33	44,67	1,04
			D 2726	34,67	45,67	0,27

⁽¹⁾ porcentaje de granos colonizados.

⁽²⁾ ppm.

⁽³⁾ las medias seguidas de la misma letra son estadísticamente iguales de acuerdo a la prueba de rangos múltiples de Duncan (P≤0,05).

⁽⁴⁾ no se realizó prueba de comparación de medias.

incidencia fue baja (<15%) en cinco genotipos, intermedia (15–30%) en doce y alta (>30%) en los restantes. Incidencias desde 3 hasta 21% fueron determinadas en un grupo de veinticinco híbridos de maíz blanco evaluados en esta localidad (5), de los cuales la mayor parte mostró incidencias similares a los genotipos incluidos en SJ-1 y menores a los evaluados en SJ-2, lo cual sugiere influencia de la relación genotipo-ambiente sobre esta variable. En un estudio realizado en Mississippi determinaron que seis híbridos presentaron desde 16,4 hasta 47,6% de granos colonizados por *F. moniliforme* bajo inoculación natural, además de marcadas diferencias en su incidencia entre años de evaluación (13). Híbridos que presentaron desde 23,8 hasta 60% de granos dañados por *F. moniliforme* fueron considerados como altamente susceptibles (8). Aun cuando los criterios de granos dañados y granos colonizados no pueden ser considerados como sinónimos, pocos genotipos presentaron niveles de infección como los citados. En otras investigaciones se han determinado niveles de infección tan elevados como 82 a 100% (2).

No se encontraron diferencias significativas entre híbridos para incidencia de hongos totales (Cuadro 1). En adición a *F. moniliforme* fueron identificadas en SJ-1 y SJ-2, con menor frecuencia e incidencia, las especies *Aspergillus flavus* Link ex Fries, *Aspergillus niger* van Tieghem, *Aspergillus parasiticus* Speare, *Aspergillus tamarii* Kita, *Alternaria* sp. y *Penicillium* spp. (9,10). La incidencia de hongos totales fue marcadamente mayor en las muestras cosechadas en el año 2000 que en 1999 (Cuadro 2). La importancia de esta variable, aun cuando aporta pocos elementos de discusión para la comparación entre híbridos, radica en que tanto especies toxigénicas como atoxigénicas pueden afectar marcadamente la calidad de los granos. Asimismo, la diversidad en la composición de la micobiota puede dar lugar a relaciones antagonicas y regular la incidencia de ciertas especies como *A. flavus* y *F. moniliforme*, así como la síntesis de una determinada micotoxina (1,13).

El contenido de fumonisinas no fue significativamente diferente entre híbridos (Cuadro 1), varió desde 0,15 hasta 1,34 ppm y solo dos genotipos excedieron la tolerancia máxima de 1 ppm. Los niveles señalados fueron menores a los encontrados en maíz en Costa Rica (12) y a los señalados en líneas de maíz en Italia e híbridos evaluados en Portugal, Zambia y Benín (2). Tampoco alcanzaron los niveles encontrados en genotipos de grano blanco en ensayos y explotaciones comerciales en el estado Guárico (5,6,7).

Análisis combinado de los Ensayos SJ-1 y SJ-2. Se comparó el comportamiento de cinco híbridos que se sembraron durante los dos años. El análisis de varianza arrojó diferencias no significativas entre híbridos para incidencia de *F. moniliforme* y hongos totales. Diferencias significativas fueron determinadas entre años de evaluación y en la interacción híbrido x año (Cuadro 3), lo cual confirmó el efecto ambiental en el comportamiento de esos híbridos ante

Cuadro 3. Cuadrados medios y significación del análisis de varianza combinado de la incidencia de *Fusarium moniliforme* y hongos totales en cinco híbridos de maíz amarillo en San Javier, estado Yaracuy, durante los años 1999 (SJ-1) y 2000 (SJ-2).

Fuente de variación	G.L.	<i>Fusarium moniliforme</i> ⁽¹⁾	Hongos Totales ⁽¹⁾
Híbrido	4	0,015 n.s.	0,032 n.s.
Repeticiones	2	0,032 +	0,009 n.s.
Año	1	0,473 **	0,360 **
Híbrido x año	4	0,028 +	0,075 **
Error	18	0,008	0,017
C.V. (%)		26,79	26,27

⁽¹⁾ valores transformados a arcsen $\sqrt{\%$ de granos colonizados/100

G.L.: grados de libertad.

C.V.: coeficiente de variación.

** : significativo al 1%. + : significativo al 10%. n.s. : no significativo.

Cuadro 4. Incidencia de hongos totales y comparación de medias combinado de la incidencia de *Fusarium moniliforme* en cinco híbridos de maíz amarillo en San Javier, estado Yaracuy, durante los años 1999 (SJ-1) y 2000 (SJ-2).

Híbridos	<i>Fusarium moniliforme</i> ⁽¹⁾	Hongos totales ⁽¹⁾
D 2465	8,83 b ⁽²⁾	14,83 ⁽³⁾
D 4326	12,17 a b	26,33
D 2486	12,67 a b	22,67
D 2468	13,50 a b	30,17
D 2482	19,67 a	29,00

⁽¹⁾ porcentaje de granos colonizados.

⁽²⁾ las medias seguidas de la misma letra son estadísticamente iguales de acuerdo a la prueba de rangos múltiples de Duncan.

⁽³⁾ no se realizó prueba de comparación de medias.

F. moniliforme y otras especies de hongos, variables con incidencias desde bajas hasta intermedias (Cuadro 4).

Ensayo El Sombrero, estado Guárico, 2000 (ES-1).

También en este ensayo la especie predominante fue *F. moniliforme*, cuya incidencia arrojó diferencias significativas entre híbridos. No se encontraron diferencias entre híbridos para incidencia de hongos totales, como tampoco fueron significativas las diferencias entre contenidos de fumonisinas (Cuadro 5). *F. moniliforme* alcanzó, en general, incidencias mayores a las determinadas en estos mismos genotipos evaluados en SJ-2 (Cuadros 2 y 6). Sin embargo, con base en la escala utilizada para la calificación de la incidencia, se observó que un genotipo presentó baja incidencia, ocho intermedia y dos alta en ambos ensayos (SJ-2 y ES-1). Esto significa que el comportamiento relativo de más de la mitad de los genotipos fue consistente entre localidades. En maíz blanco se determinó que existen condiciones más favorables a *F. moniliforme* en ES que en SJ (5), lo cual también se confirmó en maíz amarillo.

La incidencia de hongos totales fue alta en todos los genotipos (32,67 - 60,67%). Como fue mencionado, la presencia de cualquier especie de hongo es indeseable para la calidad global de los granos. La composición de la micobiota no fue sustancialmente diferente a la observada en SJ, aún cuando no se detectaron las especies *A. parasiticus* y *A. tamarai* en las muestras de ES. Los contenidos de fumonisinas no excedieron la tolerancia de 1 ppm y fueron nulos o muy bajos en doce de

Cuadro 5. Cuadros medios y significación del análisis de varianza de la incidencia de *Fusarium moniliforme*, hongos totales y contenido de fumonisinas en veinte híbridos de maíz amarillo, en El Sombrero, estado Guárico, durante el año 2000 (ES-1).

Fuente de variación	G.L.	<i>Fusarium moniliforme</i> ⁽¹⁾	Hongos ⁽¹⁾ totales	Fumonisin ⁽²⁾ as
Híbrido	19	0,039 *	0,019 n.s.	2,853 n.s.
Repeticiones	2	0,082 *	0,005 n.s.	0,499 n.s.
Error	38	0,019	0,020	2,786
C.V. (%)	25,88	19,15	38,74	

⁽¹⁾ valores transformados a arcsen $\sqrt{\%}$ de granos colonizados/100

⁽²⁾ valores transformados a log ppm de fumonisinas.

*: significativo al 5%. **: significativo al 1%. n.s.: no significativo. C.V.: coeficiente de variación. G.L.: grados de libertad.

Cuadro 6. Incidencia de hongos totales, contenido de fumonisinas, y comparación de medias de la incidencia de *Fusarium moniliforme* en veinte híbridos de maíz amarillo, en El Sombrero, estado Guárico, durante el año 2000 (ES-1).

Híbridos	<i>Fusarium moniliforme</i> ⁽¹⁾	Hongos ⁽¹⁾ totales	Fumonisin ⁽²⁾ as
D 2722	13,00 ⁽³⁾ d	40,67 ⁽⁴⁾	0,25 ⁽⁴⁾
D 2465	13,67 d	32,67	0,56
AVN C ₁	16,00 cd	38,67	0,01
CENIAP 81	17,67 bcd	35,67	0,40
D 2546	18,67 bcd	40,00	0,09
D 2726	20,33 bcd	47,00	0,56
D 4326	21,00 bcd	50,33	0,03
D 3336	21,00 bcd	42,67	0,04
D 2549	21,67 bcd	43,33	0,13
D 2486	23,67 bcd	44,67	0,04
D 4192	24,00 bcd	34,33	0,13
D 2724	26,33 abcd	43,67	0,02
D 3313	28,00 abcd	49,00	0,89
D 2544	28,33 abcd	41,67	0,06
D 3335	31,67 abcd	38,00	0,00
FP 2AT	37,00 abc	48,00	0,07
D 3316	39,33 ab	56,33	0,08
D 2482	39,67 ab	55,00	0,03
D 2727	40,33 ab	54,67	0,00
D 2468	47,33 a	60,67	0,12

⁽¹⁾ porcentaje de granos colonizados.

⁽²⁾ ppm.

⁽³⁾ Las medias seguidas de la misma letra son estadísticamente iguales de acuerdo a la prueba de rangos múltiples de Duncan.

⁽⁴⁾ no se realizó prueba de comparación de medias (P ≤ 0,05).

los genotipos. Pobre capacidad toxigénica de las cepas de ocurrencia natural en esta localidad, mecanismos genéticos distintos e independientes de los genotipos de maíz en su reacción a *F. moniliforme* y a las fumonisinas, condiciones ambientales no favorables a la síntesis de las toxinas, o una combinación de esos factores, pueden haber condicionado la baja contaminación con fumonisinas en muestras con intermedia hacia alta incidencia del hongo. Evaluaciones previas de genotipos de maíz blanco en ES, mostraron niveles mayores de esta toxina (5,6). También en países de Centroamérica, Europa y África (2,12), así como en explotaciones comerciales de maíz blanco en Venezuela (7), ha sido mayor la contaminación con fumonisinas en maíz.

Análisis combinado de los Ensayos SJ-2 y ES-1. El

análisis del comportamiento de los veinte genotipos en las dos localidades mostró diferencias no significativas entre híbridos, entre localidades y en la interacción híbrido x localidad para incidencia de *F. moniliforme*. Solamente fueron significativas las diferencias entre localidades para incidencia de hongos totales y para contenido de fumonisinas (Cuadro 7). La ausencia de significación de la interacción híbrido x localidad confirmó lo expresado con anterioridad con relación al comportamiento consistente de muchos de esos genotipos en ambos ambientes.

En el análisis combinado, la incidencia de *F. moniliforme* fue baja en un genotipo, intermedia en dieciséis y alta en tres y la de hongos totales se cuantificó en un estrecho rango desde intermedio hasta alto, mientras que la contaminación con fumonisinas no excedió en ningún caso la tolerancia máxima de 1 ppm (Cuadro 8). Cuando se analizó el comportamiento de los genotipos comunes en todos los ensayos se observó que, de

Cuadro 7. Cuadros medios y significación del análisis de varianza combinado de la incidencia de *Fusarium moniliforme*, hongos totales y contenido de fumonisinas híbridos de maíz amarillo en San Javier, estado Yaracuy (SJ-2) y El Sombrero, estado Guárico (ES-1), durante el año 2000.

Fuente de variación	G.L.	<i>Fusarium moniliforme</i> ⁽¹⁾	Hongos totales ⁽¹⁾	Fumonisin ⁽²⁾
Híbrido	19	0,033 +	0,029 n.s.	2,334 n.s.
Localidad	1	0,054 +	0,301 **	54,274 **
Repeticiones	2	0,067 **	0,023 n.s.	5,694 n.s.
Híb. x loc.	19	0,030 n.s.	0,025 n.s.	2,302 n.s.
Error	77	0,022	0,022	2,379
C.V. (%)		29,67	22,26	149,68

⁽¹⁾ valores transformados a arcsen $\sqrt{\%$ de granos colonizados/100

⁽²⁾ valores transformados a log ppm de fumonisinas.

*: significativo al 5%. **: significativo al 1%. +: significativo al 10%. n.s.: no significativo. C.V.: coeficiente de variación.

los cinco, tres presentaron las menores incidencias en SJ-2 y ES-1, y dos de los cuales también en SJ-1.

Los resultados mostraron algunas diferencias entre híbridos ante *Fm*, efecto ambiental sobre la relación hésped-patógeno, comportamiento consistente de la mayoría de los

Cuadro 8. Incidencia de hongos totales, contenido de fumonisinas, y comparación de medias combinada de la incidencia de *Fusarium moniliforme* en veinte híbridos de maíz amarillo, en San Javier, estado Yaracuy (SJ-2) y en El Sombrero, estado Guárico (ES-1), durante el año 2000.

Híbridos	<i>Fusarium moniliforme</i> ⁽¹⁾		Hongos totales ⁽¹⁾	Fumonisin ⁽²⁾
D 2722	13,00 ⁽⁴⁾	d	40,67 ⁽⁴⁾	0,25 ⁽⁴⁾
D 2465	13,67	d	32,67	0,56
D 2722	13,83	c	28,83	0,49
CENIAP 81	15,67	bc	29,33	0,87
D 3336	16,33	bc	29,83	0,14
D 2465	17,67	bc	31,67	0,52
D 4192	18,00	bc	31,83	0,25
D 2546	20,67	abc	44,33	0,49
AVN C ₁	22,00	abc	40,33	0,77
D 3313	22,17	abc	37,00	0,38
D 2486	22,67	abc	39,50	0,38
D 4326	23,00	abc	41,33	0,29
D 2724	23,67	abc	37,33	0,45
D 2544	23,67	abc	32,33	0,12
D 2549	25,50	abc	41,83	0,20
D 2727	26,17	abc	35,00	0,11
D 2726	27,50	abc	46,33	0,42
FP 2AT	28,17	abc	39,67	0,11
D 3316	28,83	abc	44,67	0,35
D 3335	32,33	ab	39,00	0,39
D 2468	36,17	a	48,33	0,25
D 2482	36,50	a	49,83	0,54

⁽¹⁾ porcentaje de granos colonizados.

⁽²⁾ ppm.

⁽³⁾ las medias seguidas de la misma letra son estadísticamente iguales de acuerdo a la prueba de rangos múltiples de Duncan ($P \leq 0,05$).

⁽⁴⁾ no se realizó prueba de comparación de medias.

híbridos entre localidades y años de evaluación, al mismo tiempo que sugieren que mecanismos genéticos distintos e independientes deben regular la reacción ante *F. moniliforme* y ante la síntesis de fumonisinas. Sin embargo, la susceptibilidad a ese patógeno, mostrada por muchos genotipos bajo ciertas condiciones ambientales, pone en evidencia el riesgo de que altos contenidos de fumonisinas pudieran encontrarse tal como ha ocurrido en genotipos de grano blanco.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen al FONACIT (CONICIT) por sus aportes financieros a través del proyecto G-97-000623 y a la Fundación DANAC por permitirnos participar en sus ensayos regionales, lo cual hizo posible esta investigación.

LITERATURA CITADA

- Aziz, N. and Shain, A. 1997. Influence of other fungi on aflatoxin production by *Aspergillus flavus* in maize kernels. *Journal of Food Safety* 17: 113-123.
- Doko, M.B., Rapior, S., Visconti, A. and Schjoth, J.E. 1995. Incidence and levels of fumonisins contamination in maize genotypes grown in Europa and Africa. *Journal Agricultural Food Chemistry* 23: 429-434.
- Fontana, H. y González, C. (Compiladores). 2000. El maíz en Venezuela. Caracas, Venezuela. Fundación Polar. 530 pp.
- Hansen, T.J. 1993. Quantitative testing for mycotoxin. *Journal American Association Cereal Chemistry* 38: 346-348.
- Mazzani, C., Borges, O., Luzón, O., Barrientos, V. y Quijada, P. 1999. Incidencia de *Aspergillus flavus*, *Fusarium moniliforme*, aflatoxinas y fumonisinas en ensayos de híbridos de maíz en Venezuela. *Fitopatología Venezolana* 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. *Revista de la Facultad de Agronomía de la Universidad del Zulia* 17: 185-195.
- Mazzani, C., Borges, O., Luzón, O., Barrientos, V. y Quijada, P. 2001. Occurrence of *Fusarium moniliforme* and fumonisins in kernels of maize hybrids in Venezuela. *Brazilian Journal of Microbiology* 32: 345-349.
- Pascale, M., Visconti, A., Pronezuk, M., Wisniewska, H. and Chelkowski, J. 1997. Accumulation of fumonisins in maize hybrids inoculated under field conditions with *Fusarium moniliforme* Sheldon. *Journal Science Food Agricultural* 74: 1-6.
- Samsom, R. A., Hoekstra, E. S., Frisvad, J. C. and Filtenborg, O. 1995. *Introduction to Food-Borne Fungi*. 4th ed. Wageningen, The Netherlands. Ponsen and Looyen. 322 pp.
- Singh, K., Frisvad, J.C., Thrane, U. and Mathur, S.B. 1991. An Illustrated Manual on Identification of Some Seed-borne *Aspergilli*, *Fusaria*, *Penicillia* and their Mycotoxins. Hellerup, Denmark. AiO Trik. 133 pp.
- Venezuela. Ministerio de Producción y Comercio. 2001. Base de datos estadísticos. Caracas.
- Viquez, O.M., Castel, P.M.E. and Shelby, R.A. 1996. Occurrence of fumonisin B₁ in maize grown in Costa Rica. *Journal Agricultural Food Chemistry* 44: 2789-2791.
- Zummo, N. and Scott, G.E., 1992. Interaction of *Fusarium moniliforme* and *Aspergillus flavus* on kernel infection and aflatoxin contamination in maize ears. *Plant Disease* 76: 771-773.