

Revista Electrónica Nova Scientia

Detección de *fusarium verticillioides* y fumonisinias en granos de maíz blanco provenientes de los estados Yaracuy y Guárico, Venezuela

Fusarium verticillioides and fumonisins in white corn grains from the Yaracuy and Guarico states, Venezuela

Marleny Chavarri¹, Juan Barroyeta², Yessica Ochoa¹, Nohants Rumbos¹ y Jesús Alezones³

¹ Facultad de Agronomía, Universidad Central de Venezuela, Maracay

² Facultad de Ciencias de la Salud, Universidad de Carabobo, Maracay

³ Fundación DANAC, Yaracuy

Venezuela

Marleny Chavarri. E-mail: marlenycoromoto@gmail.com

Resumen

El maíz (*Zea mays* L.) es uno de los cereales con mayor superficie sembrada a nivel mundial, debido a su importancia en la alimentación humana y animal. Son muchos los agentes etiológicos que ocasionan enfermedades en la plantas de maíz; sin embargo, *Fusarium verticillioides* (Sacc.) Nirenberg, es uno de los mohos a los cuales se le ha prestado especial atención por su amplia distribución, especialmente en zonas tropicales y subtropicales, su capacidad toxigénica y su resistencia. Por tal motivo, se evaluó la incidencia de *F. verticillioides* y el contenido de fumonisinas en granos de maíz blanco de once híbridos destinados al consumo humano provenientes de los estados Guárico y Yaracuy, Venezuela.

Método: La cuantificación de especies toxigénicas se realizó por siembra directa de granos enteros y desinfectados con NaClO al 3,27%, sobre el medio malta sal agar, expresando los resultados como porcentajes de granos colonizados por mohos totales y por especies potencialmente toxigénicas. El contenido de fumonisinas se cuantificó por el método inmunoquímico con columnas de inmunoafinidad para fumonisinas (B1+B2).

Resultados: No se observaron diferencias estadísticas significativas para la incidencia de *F. verticillioides* y la concentración de fumonisinas en las muestras evaluadas en ambos estados. La microbiota asociada a los granos de maíz fueron *Aspergillus flavus*, *Aspergillus Niger*, *A. ochraceus*, *A. terreus*, *Eurotium chevalieri*, *F. verticillioides*, *Penicillium* spp. *Alternaria* sp., y *Curvularia* sp. La mayor incidencia promedio de mohos toxigénicos la obtuvieron *A. flavus* (24,3%), *F. verticillioides* (14,6%) y *Penicillium* sp. (4,4%) en Yaracuy; no obstante, en Guárico fueron *F. verticillioides* (16,7%) y *Penicillium* spp. (13,8%). La concentración promedio de fumonisinas en Yaracuy y Guárico fue de 1,8 y 8,4µg/g, respectivamente, superando el límite permitido para consumo humano (1 µg/g).

Discusión: Con base en la baja incidencia de *F. verticillioides* y los bajos contenidos de fumonisinas detectados en los híbridos D1B-348 (proveniente de Guárico) y D1B-246 (proveniente de Yaracuy), se recomienda su uso en los respectivos estados, como medida de control del patógeno a nivel de campo y evitar la posible contaminación con fumonisinas.

Palabras Clave: *Fusarium*; fumonisina; maíz; híbridos

Recepción: 26-06-2017

Aceptación: 22-08-2017

Abstract

Maize (*Zea mays* L.) is one of the cereals with the largest area planted worldwide due to its importance in food and feed. There are many etiological agents that cause diseases in maize plants; however, *Fusarium verticillioides* (Sacc.) Nirenberg is one of the molds to which special attention has been paid to its wide distribution, especially in tropical and subtropical areas, their toxigenic capacity and endurance. For this reason, the incidence of *F. verticillioides* and the fumonisin content in white maize grains of eleven hybrids destined for human consumption from Guárico and Yaracuy, Venezuela, were evaluated.

Method: The quantification of toxigenic species was done by direct sowing whole grains and disinfected with NaClO at 3.27%, on the malt salt agar medium, expressing the results as percentages of grains colonized by total molds and by potentially toxigenic species. The fumonisin content was quantified by the immunoaffinity method with fumonisin columns (B1 + B2).

Results: No significant statistical differences were observed for the incidence of *F. verticillioides* and the concentration of fumonisins in the samples evaluated in both. The mycobiota associated with the corn kernels were *Aspergillus flavus*, *A. Niger*, *A. ochraceus*, *A. terreus*, *Eurotium chevalieri*, *F. verticillioides*, *Penicillium* spp. *Alternaria* sp and *Curvularia* sp. The highest average incidence of toxigenic molds was obtained by *A. flavus* (24.3%), *F. verticillioides* (14.6%) and *Penicillium* sp. (4.4%) in Yaracuy; however, in Guárico were *F. verticillioides* (16.7%) and *Penicillium* spp. (13.8%). The average concentration of fumonisins in Yaracuy and Guárico was 1.8 and 8.4 $\mu\text{g} / \text{g}$, respectively, exceeding the limit allowed for human consumption (1 $\mu\text{g} / \text{g}$).

Discussion:

Based on the low incidence of *F. verticillioides* and the low levels of fumonisins detected in hybrids D1B-348 (from Guárico) and D1B-246 (from Yaracuy), it is recommended to use them in the respective states, as a measure of control of the pathogen at the field level and avoid possible contamination with fumonisins.

Keywords: *Fusarium*; fumonisin; maize; hybrids

Introducción

El maíz es uno de los cereales con mayor superficie de cultivo sembrado a nivel mundial, seguido por el trigo y el arroz, destinado tanto a la alimentación humana como animal (Mazzani *et al.*, 1999; Chavarri, 2010). Son muchos los agentes etiológicos que generan enfermedades en las plantas de maíz, sin embargo, *F. verticillioides*, es uno de los mohos a los cuales se le ha prestado especial atención por su amplia distribución, especialmente en zonas tropicales y subtropicales, su capacidad toxigénica y resistencia (Mazzani *et al.*, 2000; Peiretti *et al.*, 2007; Mazzani *et al.*, 2008; Chavarri *et al.*, 2009; Figueroa *et al.*, 2010; Aguaysol *et al.*, 2013, De la Torre *et al.*, 2014).

Se han descrito casi 400 micotoxinas, destacando a las aflatoxinas, fumonisinas, ocratoxina, citrinina, deoxidivalenol, zearalenona, toxina T2 y otros tricótecos por su amplia distribución en producción pecuaria, e implicaciones en salud pública y animal (USDA, 2006; Norred and Voss, 1994).

Las fumonisinas, producidas por *F. verticillioides* y *F. proliferatum*, se han identificado en necropsias de equinos con leucoencefalomalacia, en porcinos con edema pulmonar y en humanos con cáncer esofágico y hepatocarcinomas celular (Norred and Voss, 1994). La incidencia de *F. verticillioides* y fumonisinas se ha demostrado consistentemente durante los últimos diez años en maíz cosechado en siembras experimentales y extensivas de Venezuela, en las cuales se utiliza alta tecnología agrícola (Mazzani *et al.*, 2000; Luzón *et al.*, 2007, Mazzani *et al.*, 2008, García *et al.*, 2013; Chavarri *et al.*, 2013; Barroyeta *et al.*, 2013).

La incidencia de mohos y micotoxinas generan cambios desfavorables en los granos, alterando su valor nutritivo, disminuyendo el contenido de grasas, proteínas y carbohidratos. Además, alteran las características organolépticas y ocasionan muerte del embrión de maíz con las consecuentes pérdidas económicas que esto conlleva (Chavarri *et al.*, 2009; Chavarri, 2010; Chavarri *et al.*, 2014).

La toxicidad (aguda o crónica) de las micotoxinas varía considerablemente según la especie, la edad, el sexo y el estado nutricional, la dosis ingerida, la duración y repetitividad de la exposición. Se han reportado 125 casos de muertes por el consumo de micotoxinas en Makueni y Kenia en el 2004 por el consumo de maíz contaminado. Correlaciones epidemiológicas entre cáncer esofágico y presencia de piensos y alimentos contaminados por *F. verticillioides* han sido demostradas en África y en China (Payne, 1999; Martinez, 2009).

Son múltiples las alternativas para prevenir la colonización de mohos en granos y semillas, así como para remover o inactivar las micotoxinas contenidas en los mismos; sin embargo, la selección de genotipos y el mejoramiento para la resistencia a la incidencia fúngica resulta ser la más favorable debido a la gran variedad de factores que influyen sobre su deterioro (Chavarri, 2014). Esto hace que la prevención de su formación sea la estrategia principal en el campo con una selección adecuada de la metodología a emplear.

En tal sentido, se realizó la presente investigación con el objeto de determinar la incidencia de *F. verticillioides* y las fumonisinas en granos de híbridos de maíz blanco producidos en siembras experimentales y comerciales en los estados Yaracuy y Guárico, Venezuela.

Método

Origen de las muestras

Se evaluó la incidencia fúngica y el contenido de fumonisinas totales en muestras provenientes de 11 híbridos de maíz blancos cultivados en 22 parcelas de Yaracuy y Guárico. Los granos fueron cosechados durante el ciclo verano 2011–2012 y secados al sol hasta alcanzar un contenido de humedad promedio de 12-13%, medido con un determinador marca Motomco, modelo 919S. Posteriormente, los granos fueron trasladados para su análisis micológico al Laboratorio de Micotoxicología de la Facultad de Agronomía, Universidad Central de Venezuela, Campus Maracay.

Detección, cuantificación e identificación de *F. verticillioides*

La detección y cuantificación de mohos totales y por especie se realizó mediante el método de siembra directa. Se seleccionaron 100 granos enteros de cada muestra y se desinfectaron con hipoclorito de sodio (NaClO) al 3,27% durante 30 seg, bajo una campana de flujo laminar; luego, se eliminó el exceso de NaClO lavándose tres veces con agua destilada estéril. Los granos fueron sembrados en la superficie del medio agarificado malta sal agar (MSA, pH 5,8) e incubados por un período de ocho d a temperatura ambiente (27 ± 2 °C) con alternancia de 12 h luz/oscuridad. Los resultados fueron expresados como incidencia (%) total de granos colonizados por mohos e incidencia (%) de colonización por especie, según la escala establecida por Mazzani *et al.* (1999),

definiéndose como baja la incidencia, por debajo de 15%, intermedia entre 15 – 30% y alta superior a 30%.

La confirmación de la identidad de los aislados de *F. verticillioides* y otras especies se realizó mediante la caracterización macroscópica de las colonias y el estudio morfométrico de las estructuras con interés taxonómico. Los resultados obtenidos fueron comparados con lo establecido en los manuales de identificación micológica y otros textos especializados (Singh *et al.*, 1991; Samson *et al.*, 1995).

Detección y cuantificación de fumonisinas

La detección de fumonisinas totales en granos de maíz blanco, se realizó mediante el método inmunoquímico Fumonitest (VICAM, EUA), fundamentado en la utilización de columnas monoclonales específicas para la detección de fumonisinas B₁, B₂ y B₃.

La extracción de la micotoxina contenida en los granos se realizó mediante la homogenización de 50 g de maíz blanco molido (molienda seca) con 5 g de sal (NaCl) y 100 mL de solución metanol (80:20) durante 1 min. El extracto obtenido se filtró con papel Whatman N°1 y luego se tomó una alícuota de 5 mL para mezclarlo con 40 mL de buffer de lavado y filtrar nuevamente con papel microfibra de vidrio. Posteriormente, se tomó 10 mL del segundo filtrado y se colocó en una jeringa de vidrio para ser pasado gota a gota a través de la columna de inmunoafinidad. Transferidos los 10 mL del extracto, se procedió al lavado de la columna con 10 mL de buffer de lavado, 10 mL de buffer fosfato (PBS) + Tween 20 y 10 mL de agua destilada estéril. La elusión de la micotoxina se realizó añadiendo 1 mL de metanol grado HPLC. Finalmente se agregaron los reveladores (0,5 mL de OPA y 0,5 mL de 2-mercaptoetanol) para hacer a la micotoxina fluorescente y cuantificar su contenido a través del fluorómetro (BBI Source Sciencitic Inc. VICAM, EE.UU), previamente calibrado. Los resultados obtenidos fueron expresados en µg/g, considerándose altos los valores mayores a 1 µg/g (Trucksess, 1996; Scott y Trucksess, 1997; Mazzani *et al.*, 1999).

Tratamiento Estadístico

El diseño utilizado fue de bloques completamente al azar, sin repeticiones en parcelas, conformadas por dos hileras de 5 m de largo cada una, con una distancia entre planta de 0,80 x 0,25 m entre hileras, para una densidad de 40 plantas/parcela. Los resultados obtenidos fueron

analizados con el programa estadístico Statistics versión 8.0, mediante la prueba ANAVAR con un nivel de significancia de 0,05.

Resultados

Las especies fúngicas detectadas en los granos de híbridos de maíz blanco cosechados en Yaracuy y Guárico durante el ciclo de verano 2011 – 2012, fueron variables, identificándose especies potencialmente toxigénicas como *F. verticillioides*, *A. flavus*, *A. Niger*, *A. ochraceus*, *A. terreus*, *Penicillium* spp., *Eurotium chevalieri*, *Curvularia* spp., y *Alternaria* spp. Sin embargo, solo *A. flavus* presentó diferencias estadísticas significativas entre ambos estados.

Los granos provenientes de Yaracuy fueron colonizados con *F. verticillioides*, presentándose en el 90,91% de las muestras analizadas, con una incidencia promedio de 14,65%. Estos resultados coinciden con investigaciones previas desarrolladas en zonas productoras de maíz en Venezuela y otros países de América Latina (Mazzani *et al.*, 2000; Peiretti *et al.*, 2007; Mazzani *et al.*, 2008; Chavarri *et al.*, 2009; Figueroa *et al.*, 2010; Barroyeta *et al.*, 2013; Aguaysol *et al.*, 2013; De la Torre *et al.*, 2014).

El híbrido que mostró mayor resistencia a *F. verticillioides* fue D1B-246 con 0% de incidencia, seguido por los híbridos D2B-259, D1B-255, D1B-265, D2B-290 que presentaron una incidencia baja, mientras que los híbridos D1B-718, D1B-683, DK-357, D1B-270, D1B-348 y D1B-287 obtuvieron una incidencia intermedia (Tabla 1).

Tabla 1. Incidencia de *Fusarium verticillioides* (FV), *Aspergillus flavus* (AF), *Penicillium* spp. (PN) y concentración de fumonisinas (FUM) en granos de híbridos de maíz blanco cosechados en Yaracuy, ciclo de verano 2011-2012.

HÍBRIDO	Yaracuy				Guárico			
	FV ¹	AF ¹	PN	FUM ²	FV ¹	AF ¹	PN	FUM ²
DK-357	21,0	14,0	14,0	1,9	35,0	1,0	8,0	1,0
D1B-270	22,5	14,5	3,5	1,5	16,0	0,0	3,0	3,1
D1B-683	16,5	10,5	3,5	0,8	25,5	0,5	5,5	2,9
D2B-290	11,0	21,0	3,0	3,2	12,0	0,0	1,0	3,4
D1B-348	23,0	26,0	8,0	1,4	6,0	11,0	47,0	0,3
D1B-265	11,0	24,0	7,0	5,1	18,0	2,0	0,0	2,5
D1B-718	15,0	23,0	5,0	1,5	20,5	1,5	2,5	72,0
D1B-246	0,0	12,5	1,0	0,4	2,0	17,0	19,0	1,5
D1B-287	29,0	34,0	1,5	0,9	19,0	18,0	41,0	0,4
D2B-259	3,0	49,0	1,0	1,6	15,0	3,0	4,0	4,0
D1B-255	9,0	39,0	1,0	1,0	15,0	1,0	21,0	1,3
Media	14,6	24,3	4,4	1,8	16,7	5,0	13,8	8,4

⁽¹⁾ Porcentaje de incidencia fúngica

⁽²⁾ µg/g

En Guárico, las especies toxigénicas detectadas fueron *F. verticillioides* (16,7%), *Penicillium* spp. (13,8%) y *A. flavus* (5,0%) (Tabla 1). Similar a las investigaciones previas realizadas por Barroyeta *et al.* (2013) y Chavarri *et al.* (2009) en cultivos experimentales y comerciales en Venezuela.

En el presente estudio todos los granos de híbridos de maíz blanco presentaron contaminación con fumonisinas, independientemente de la zona de producción. Las muestras provenientes del estado Yaracuy presentaron contaminación con fumonisinas en un rango de 0,4 a 5,1 µg/g. El híbrido D1B-246 presentó el menor contenido de fumonisinas (0,4 µg/g), lo que coincide con la baja incidencia de *F. verticillioides* en la muestra analizada (0%) (Tabla 1).

El rango de contaminación con fumonisinas en las muestras provenientes de Guárico osciló entre 0,3 y 72,0 µg/g. Sin embargo, los híbridos que mostraron mayor resistencia a la producción de la toxina fueron D1B-348 y D1B-287 con 0,3 y 0,4 µg/g, respectivamente, mientras que el híbrido D1B-718 fue el más susceptible, acumulando hasta 72 µg/g de la toxina (Tabla 1).

El contenido promedio de fumonisinas fue mayor en los híbridos cosechados en Guárico (8,4 ppb) al comparar con Yaracuy (1,8 ppb) (Tabla 1).

Discusión

Las especies fúngicas identificadas en el presente estudio han sido reportadas en numerosas investigaciones desarrolladas en Venezuela, indicando una incidencia natural en las zonas bajo estudio (Mazzani *et al.*, 2000; Luzon *et al.*, 2007; Mazzani *et al.*, 2008; Chavarri *et al.*, 2009; Barroyeta *et al.*, 2013). Además, los mohos identificados coincide con los reportados en México, donde el género con mayor incidencia fue *Fusarium* seguido por *Aspergillus*, *Penicillium* y *Alternaria*, identificándose siete especies de *Fusarium*, de las cuales *F. verticillioides* y *F. sonali* destacaron como las más frecuentes (Gallardo *et al.*, 2006).

En México, unas de las especies detectadas en las principales zonas productoras de maíz fueron *F. subglutinans*, *F. verticillioides*, *F. heterosporum*, *F. esquiseti*, *F. proliferatum* y *F. reticulatum*, siendo *F. subglutinans* la especie más abundante. Sin embargo, en cuanto a patogenicidad, *F. verticillioides* y *F. subglutinans* resaltaron como las especies más patogénicas para las razas de maíz utilizadas en dicho país (Figueroa *et al.*, 2010).

El género *Fusarium*, se encuentra ampliamente distribuido en la naturaleza y forma parte de la microflora natural del suelo. Es considerado uno de los problemas más importantes en las zonas productoras de maíz a nivel mundial, debido a que puede afectar al cultivo en cualquier etapa de crecimiento, causando pudriciones en diversos órganos vegetativos de la planta, pero principalmente afecta a la raíz, tallo y mazorca (Hernández *et al.*, 2007).

En los granos de híbridos de maíz blanco proveniente de Yaracuy la incidencia de *F. verticillioides* fue baja, mientras que en Guárico fue intermedia. Estos resultados coinciden con lo reportado por Mazzani *et al.* (2008) en pequeñas explotaciones y conucos de algunos estados de Venezuela. Sin embargo, en ambos estados el híbrido más resistente a la colonización con *F. verticillioides* fue D1B-246, lo que sugiere su uso a nivel de campo, con el fin de reducir las pérdidas económicas ocasionadas por este importante patógeno.

La diferencia en los porcentajes de colonización de *F. verticillioides* en ambos estados sugiere la existencia de condiciones ambientales intrínsecas en cada estado que influyen sobre el proceso de infección y colonización del moho en los granos de maíz. Peiretti *et al.* (2007) mencionan que uno de los factores que influye sobre la susceptibilidad de los genotipos de maíz a la infección con *F. verticillioides* es la longitud de las brácteas, ya que los resultados obtenidos sobre 26,13% de los genotipos evaluados, indican que a medida que aumentó la longitud de la brácteas y el

volumen de los granos, disminuyó significativamente el grado de susceptibilidad. Además, que las variaciones en el ambiente provocan una fuerte modificación en la expresión de los genes de resistencia.

Adicionalmente, el Reglamento 1881/2006 de la Unión Europea, afirma que las condiciones climáticas durante el crecimiento de la planta, en particular en el momento de la floración, tienen una gran influencia en el contenido de toxinas sintetizadas por *Fusarium*. Sin embargo, las buenas prácticas agrícolas, mediante las cuales se reducen a un mínimo los factores de riesgo, pueden prevenir hasta cierto punto, la contaminación por este moho.

Como la infección natural de las plantas de maíz por *F. verticillioides* y la producción de fumonisinas ocurre desde el campo, las condiciones ambientales durante el período de cultivo son decisivos para regular los niveles de contaminación alcanzados en los granos durante la cosecha. Así mismo, las características de las plantas juegan un papel relevante tanto en la infección como en la acumulación de la toxina (Santiago *et al.*, 2015). Por lo tanto, el uso apropiado de híbridos de maíz resistentes a la infección de *Fusarium* y sus fumonisinas, así como el control de condiciones ambientales críticas mediante prácticas agronómicas adecuadas, son herramientas esenciales para reducir la contaminación de los granos con fumonisinas por debajo de los niveles de seguridad establecidos.

El Reglamento N° 1126/2007 de la Comisión Europea establece como límite máximo de fumonisinas (B_1+B_2) en maíz no elaborado, 4000 $\mu\text{g/g}$, ya que durante el proceso de industrialización parte de la micotoxina puede ser removida del grano. En los cereales para el desayuno y aperitivos a base de maíz el límite permitido es 800 $\mu\text{g/g}$, mientras que en los alimentos destinados a los grupos más susceptibles, como los niños de corta edad y los lactantes, el límite máximo es 200 $\mu\text{g/g}$. En los alimentos a base de maíz destinados al consumo humano directo de la población en general, se acepta hasta 1000 $\mu\text{g/g}$.

En el presente estudio todos los híbridos de maíz blanco evaluados mostraron contaminación con fumonisina. Los contenidos promedios más elevados se detectaron en los híbridos provenientes de Guárico; sin embargo, no sobrepasaron los límites máximos establecidos por la Comisión Europea. Las concentraciones de fumonisinas en las muestras evaluadas representan un alto riesgo para la salud humana y animal, especialmente por el aumento de la demanda de maíz para la elaboración de productos artesanales derivados de esta materia prima, especialmente la masa artesanal.

Con base en la baja incidencia de *F. verticillioides* detectada en el híbrido D1B-348 proveniente de Guárico y a su bajo contenido de fumonisina, se recomienda su uso a nivel de campo como medida preventiva para el control del patógeno y la consecuente contaminación con fumonisina.

En el caso de Yaracuy, se recomienda el uso del híbrido D1B-246, ya que no se detectó la presencia de *F. verticillioides* y además presentó los niveles más bajo de fumonisina. Sin embargo, la presencia de esa baja concentración de fumonisina puede atribuirse a la presencia de otras especies productoras de la micotoxina, como *A. Niger*. Ochoa *et al.* (2015), demostraron la capacidad fumonigénica de diferentes aislados de *A. Niger* provenientes de maíz, arroz, girasol, caraota y maní, donde el aislado de maíz produjo 3,3 µg/g. Así mismo, se ha demostrado la capacidad fumonigénica de diferentes cepas de *A. Niger* utilizadas a nivel industrial para la obtención de enzimas, ácidos orgánicos, entre otros (Frisvad *et al.*, 2011).

La presencia de *A. flavus* en las muestras evaluadas es un problema de primer orden ya que éste moho es el principal productor de aflatoxinas. Por lo tanto, es necesario el monitoreo riguroso y continuo del contenido de aflatoxinas en granos de maíz, porque este cereal forma parte de la dieta del Venezolano, y si está contaminada con las aflatoxinas, puede ocasionar un riesgo de salud pública. Además, las condiciones imperantes en Venezuela, propias de áreas tropicales, favorecen la proliferación de hongos y la síntesis de ésta toxina en granos de maíz (Mazzani *et al.*, 1999; Chavarri, 2014).

Agradecimientos

Los autores expresan su agradecimiento al Consejo de Desarrollo Científico y Humanístico de la Universidad Central de Venezuela (PG 01-8637-2013/2) por los aportes financieros que hicieron posible la investigación.

Referencias

Aguaysol Catalina, González Victoria, De Lisi Vicente, Reznikov Sebastián, Stegmayer Adolfo, Henríquez Diego, Ploper Daniel. (2013). Incidencia de *Fusarium verticillioides* y *Fusarium graminearum* en granos de híbridos comerciales de maíz, cosechados en la campaña 2011-2012 en seis localidades de las provincias de Tucumán y Salta. Estación Experimental Agroindustrial Obispo Colombes (EEAOC). Publicación Especial (46): 65 – 69.

- Barroyeta Juan, Chavarri Marleny, Rumbos Nohants, Garrido Mario José y Mazzani Claudio. (2013). Micobiota toxigénica y aflatoxinas en granos de maíz blanco provenientes de los estados Yaracuy y Guárico, Venezuela. *Fitopatología Venezolana* 26 (1): 2-6.
- Chavarri Marleny, Mazzani Claudio, Luzón Odalis, González Carlos, Alezones Jesús y Garrido Mario. (2009). Mohos toxigénicos y micotoxinas en maíz de grano blanco cosechado bajo riego en los estados Yaracuy y Portuguesa, Venezuela. *Fitopatología Venezolana* 22 (1): 2 - 7.
- Chavarri Marleny. (2010). Contribución al conocimiento de los mohos toxigénicos y micotoxinas en maíz en Venezuela. Trabajo de Ascenso a categoría de profesor Agregado. Facultad Agronomía. Universidad Central de Venezuela. Maracay, Venezuela. 20 p.
- Chavarri Marleny, González Jhonatan, Mazzani Claudio, Luzón Odalís y Figueroa Rosana. (2013). Efecto de la humedad relativa y del contenido de humedad de los granos de maíz sobre la síntesis *in vitro* de aflatoxinas. *Fitopatol. Venez.* 26 (2): 7-10.
- Chavarri Marleny. (2014). Incidencia de mohos y aflatoxinas en algunas especies de *Fabaceae*, *Poaceae* y sus derivados. Trabajo de Ascenso a la categoría de profesor Asociado. Facultad Agronomía. Universidad Central de Venezuela. Maracay, Venezuela. 40 p.
- De la Torre María Eugenia, Sánchez Diana, Sánchez Eduardo, Plasencia Javier. (2014). Fumonisinas – Síntesis y función en la interacción de *Fusarium verticillioides* - maíz. *Revista especializada en ciencias químico-biológicas* 17(1): 77 - 91.
- Figueroa María, Rodríguez Raúl, Guerrero Brenda, González Mario, Pons José. (2010). Caracterización de especies de *Fusarium* asociadas a la pudrición de raíz de maíz en Guanajuato, México. *Revista Mexicana de Fitopatología* 28:124-134.
- Frisvad Jens, Thomas Larsen, Ulf Thrane, Martin Meijer, Janos Varga, Robert Samson, Kristian Nielsen. (2011). Fumonisin and Ochratoxin Production in Industrial *Aspergillus Niger* Strains. *PLoS ONE* 6(8): e23496.
- Gallardo Ema, Ibarra Griselda, Sánchez Reyna. (2006). Micobiota de maíz (*Zea mays* L.) recién cosechado y producción de fumonisina B₁ por cepas de *Fusarium verticillioides* (Sacc.) Nirenb. *Revista Mexicana de Fitopatología* 24(1): 27 – 34.
- García Rosmery, Chavarri Marleny y Capobianco Antonio. (2013). Consecuencias del almacenamiento de granos de maíz y su influencia sobre la Cuantificación de hongos y aflatoxinas en harina precocida integral. *Fitopatol. Venez.* 26 (1): 39-42.

- Hernández Sanjuana, Reyes Miguel, García Jesús, Mayek Netzahualcoyotl. (2007). Incidencia de Hongos Potencialmente Toxígenos en Maíz (*Zea mays* L.) Almacenado y Cultivado en el Norte de Tamaulipas, México. *Revista Mexicana de Fitopatología* 25(2): 127 – 133.
- Luzón Odalis, Chavarri Marleny, Mazzani Claudio, Barrientos Venancio y Alezones Jesús. (2007). Principales mohos y micotoxinas asociados a granos de maíz en campos de los estados Guárico, Portuguesa y Yaracuy, Venezuela. *Fitopatología Venezolana* 20 (1): 25-30.
- Martínez Amaury. 2009. Micotoxinas: papel de las fumonisinas en enfermedades en animales y humanos. *Tribuna del investigador*. (En línea): http://saber.ucv.ve/ojs/index.php/rev_ti/article/view/3256.
- Mazzani Claudio, Borges Omar, Luzón Odalis, Barrientos Venancio y Quijada Pablo. (1999). Incidencia de *Aspergillus flavus*, *Fusarium moniliforme*, aflatoxinas y fumonisinas en ensayos de híbridos de maíz en Venezuela. *Fitopatología Venezolana* 12 (1):9-13.
- Mazzani Claudio, Borges Omar, Luzón Odalis, Barrientos Venancio y Quijada Pablo. (2000). *Fusarium moniliforme*, *fumonisin*as y *Aspergillus flavus* en granos híbridos de maíz en el estado Guárico, Venezuela. *Revista de la Facultad de Agronomía (LUZ)* 17 (2):185-95.
- Mazzani Claudio, Luzón Odalis, Chavarri Marleny, Fernández Mirvints y Hernández Natacha. (2008). *Fusarium verticillioides* y fumonisinas en maíz cosechado en pequeñas explotaciones y conucos de algunos estados de Venezuela. *Fitopatología Venezolana* 21(1):18-22.
- Norred William P. and Voss Kenneth A. (1994). Toxicity and role of fumonisins in animal diseases and human esophageal cancer. *J Food Protect* 57: 522-7.
- Ochoa Yessica, Chavarri Marleny, Mazzani Claudio, Rumbos Nohants (2016). Determinación de la capacidad fumonigenica de aislados de *Aspergillus Niger* provenientes de diferentes sustratos. *Revista de la Facultad de Agronomía. UCV* 41(3): 109-115.
- Payne Gary. (1999). Ears and Kernel Rots. *In Compendium of corn Disease*. D. G. White (Ed). Minnesota. APS Press. pp. 44-49.
- Peiretti Daniel, Nazar María, Biasutti Carlos, Giorda Laura. (2007). Susceptibilidad de *Fusarium verticillioides* (Sacc.) Nirenberg en la población de maíz MPB-FCA 856. *Agronomía Mesoamericana* 18(2): 171 – 176.

- Reglamento (CE) No 1881/2006 de la Comisión de 19 de diciembre de 2006 por el que se fija el contenido máximo de determinados contaminantes en los productos alimenticios. (2006). Diario Oficial de la Unión Europea. L364: 5-14.
- Reglamento (CE) No 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 de maíz. Diario Oficial de la Unión Europea. L255:14 - 17.
- Samson Robert, Hoekstra Ellen, Frisvad Jeans and Filtenborg Ole. (1995). Introduction a food-borne fungi. 4^a Edition. Centralabureau voor Schimmelcultures. Institute of the Royal Netherlands Academy of Arts and Sciences. 322 p.
- Santiago Rogelio, Cao Ana and Brutrón Ana. (2015). Genetic Factors Involved in Fumonisin Accumulation in Maize Kernels and Their Implications in Maize Agronomic Management and Breeding. *Toxinas* 7(8): 3267 – 3296.
- Scott Peter and Trucksess Mary (1997). Application of immunoaffinity columns to mycotoxin analysis. *J. AOAC International* 80: 941-949.
- Singh Kuiwant, Frisvad Jeans, Thrane Ulf and Mathur S. B. (1991). An illustred manual on identification of seed-borne *Aspergilli*, *Fusarium*, *Penicillia* and their mycotoxins. 1^{ra} Edition. Denmark: Institute of seed pathology for developing countries. 133 p.
- Trucksess Mary. (1996). Evaluation and Application of Immunochemical Methods for Fumonisin B₁ in Corn. *In Immunoassays for Residue Analysis: Food Safety*. R.C. Beier and L.H. Stanker (Eds). Washington. ACS Symposium Series 621. pp. 326 - 332
- United States Department of Agriculture (USDA). (2006). Grain Fungal Diseases & Mycotoxin. Grain inspection, packers and stockyards administration. <http://archive.gipsa.usda.gov/pubs/mycobook.pdf> (2 de marzo de 2016).