

## DETERMINACIÓN DE RAZAS Y GRUPOS DE COMPATIBILIDAD VEGETATIVA DE *Fusarium oxysporum* f. sp. *cubense* EN *Musa*, EN LOS ESTADOS CARABOBO, COJEDES, GUÁRICO Y MIRANDA, VENEZUELA

### DETERMINATION OF RACES AND GROUPS OF VEGETATIVE COMPATIBILITY OF *Fusarium oxysporum* f. sp. *cubense* IN *Musa* IN THE STATES OF CARABOBO, COJEDES, GUARICO, AND MIRANDA, VENEZUELA

MARIBEL PORTELES, DORIAN RODRÍGUEZ, DILCIA ULACIO, JHONATHAN TORRES

Universidad Centroccidental "Lisandro Alvarado", Postgrado de Agronomía, Laboratorio de Micología, Barquisimeto, Venezuela. E-mail: maribel\_farina@hotmail.com / rdorian@ucla.edu.ve

#### RESUMEN

Existen diversos problemas que afectan la producción de bananos, sin embargo, el Mal de Panamá, causado por *Fusarium oxysporum* f. sp. *cubense* (*Foc*) es considerada la más devastadora a nivel mundial. En Venezuela, la enfermedad ha sido reportada en diez de los veintitrés estados; en esta investigación, se estudió la presencia del hongo en cuatro estados no analizados hasta ahora (Guárico, Cojedes, Carabobo y Miranda). Se generaron vitroplantas de cambur 'Manzano', 'Topocho' y 'Gran Enano', a fin de identificar las razas de *Foc*. Se tomó como criterio el uso de la tierra, estableciéndose un muestreo no probabilístico. Se ubicaron 12 fincas donde se observaron plantas con síntomas de la enfermedad Mal de Panamá, y se muestrearon 2 a 3 plantas por finca mediante el método de punción del pseudotallo. Se obtuvieron 50 aislados. Para la prueba de patogenicidad se utilizó arroz inoculado con *Foc* a una concentración de  $6 \times 10^5$  conidios/mL; y se incubó a temperatura ambiente por 8 días para su crecimiento. Posteriormente, se mezcló con el sustrato, se sembró la vitroplanta y se incubaron hasta por dos meses; para ello se aplicaron diseños estadísticos como arreglo factorial completamente al azar. Se observaron síntomas de la enfermedad en plantas de Cambur Manzano y Topocho, concluyendo que en las zonas estudiadas la enfermedad es causada por las razas 1 y 2 de *Foc*. De forma simultánea, se realizaron los estudios para determinar el grupo de compatibilidad vegetativa (GCV), para lo cual se generaron e identificaron mutantes *nit* y se usaron patrones GCV. Los aislados resultaron incompatibles con los patrones utilizados.

**PALABRAS CLAVE:** GCV, mutantes *nit*, Mal de Panamá.

#### ABSTRACT

There are various problems affecting banana production, however, Panamá disease, caused by *Fusarium oxysporum* f. sp. *cubense* (*Foc*), is considered the most devastating disease worldwide. In Venezuela, the disease has been reported in ten of the twenty three states; in this research, the presence of the fungus was studied in four states not studied before (Guárico, Cojedes, Carabobo y Miranda). Banana plantlets were generated from 'Apple', 'Bluggoe' and 'Grand Nain' cultivars, in order to identify the races of *Foc*. Using a non probabilistic sampling, 12 farms were surveyed and symptomatic plants with Panamá disease were located, selecting 2-3 plants per farm which were sampled by puncturing the pseudostem. Fifty isolates were obtained. For pathogenicity test, inoculated rice with *Foc* was used at a concentration of  $6 \times 10^5$  conidia/mL, and was maintained at environmental temperature for 8 days to grow. Afterwards, it was added to the substrate, the plantlets were planted and incubated for up to 2 months. A complete random design with a factorial arrangement was used. At 1-4 weeks, disease symptoms were observed on 'Bluggoe' and 'Apple' cultivars, concluding that in the areas studied the disease is caused by races 1 and 2 of *Foc*. Simultaneously, studies were performed to determine the vegetative compatibility group (VCG), for which *nit* mutants were generated, identified and challenged with GCV testers. Isolates were incompatible with the standards used.

**KEY WORDS:** GCV, *nit* mutant, Panamá disease.

Existen diversos problemas que afectan la producción de bananos en el mundo, sin embargo, la marchitez por *Fusarium* o Mal de Panamá, causado por *Fusarium oxysporum* f. sp. *cubense* (*Foc*), es considerada la más destructiva a nivel mundial y está ampliamente distribuida, por no existir control químico, y porque su agente causal puede sobrevivir en el suelo, por un largo período de tiempo (Batlle y Pérez 2009, Dita *et al.* 2010). En Venezuela, la enfermedad afecta principalmente, al cambur 'Manzano', 'Cuyaco' (Gros Michel, *Musa* AAA)

y 'Topocho' (*Musa* ABB) (Rodríguez *et al.* 2006). Las pruebas de patogenicidad para la determinación de razas de *Foc* constituyen una información útil para seleccionar los materiales genéticos de Musaceae y es un método de caracterización de las poblaciones (Guédez y Rodríguez 2004). Se conocen tres razas de este hongo en banano, la 'raza 1' que es responsable de las epidemias en 'Gros Michel' y también afecta a 'Silk' ('Manzano'), 'Pome' (AAB), 'Pisang Awak' (ABB) y 'Maqueño' (AAB); la 'raza 2', que ataca a los 'Topochos' (ABB) y 'Bodles

Altafort' (AAAA); y la 'raza 4' que ataca materiales susceptibles a las razas 1 y 2, variedades del grupo 'Cavendish' y diversas variedades adicionales, tales como 'AA Pisang Mas', no existen clones naturales que puedan sustituir los actuales (Moore *et al.* 1995, Pérez 2004, SAGARPA 2012). En Venezuela, específicamente en los estados Aragua, Barinas, Trujillo, Zulia, Mérida, Monagas, Portuguesa, Sucre, Táchira y Yaracuy, se han encontrado las razas 1 y 2 afectando cambur 'Manzano' y 'Topocho', respectivamente (Rodríguez *et al.* 2006).

Otro de los métodos de caracterización es el de grupos de compatibilidad vegetativa (GCV), se basan en el hecho de que las hifas de dos aislados diferentes pueden anastomosarse y fusionarse para formar heterocariontes estables; estas cepas, se dice, son vegetativamente compatibles y pertenecen al mismo GCV. La compatibilidad vegetativa tiene bases multigénicas y puede utilizarse para identificar grupos de aislados que compartan alelos comunes de estos genes *vic*. Estudios detallados indican que aislados de *Fusarium oxysporum* que pertenecen al mismo GCV, típicamente poseen haplotipos multigénicos muy similares o idénticos, por lo que pueden ser buenas herramientas para evidenciar linaje clonal, similaridad génica o ambos (Keith y Correll 2001). Éstos han sido utilizados para identificar subpoblaciones genéticamente aisladas de especies de patógenos fúngico (Cove 1976, Puhalla 1985, Correll *et al.* 1987). Ésta requiere que los alelos de al menos 10 locus (*vic*) diferentes sean idénticos (Puhalla y Spieth 1985), por lo cual los miembros de un GCV constituyen subpoblaciones clonales que están estrechamente relacionadas. En Venezuela, se identificó el grupo de compatibilidad vegetativa GCV-01215 en el estado Trujillo, lo que indicó que todos los aislados fueron homogéneos (Guédez y Rodríguez 2004). Con base en lo anteriormente expuesto se hace necesario en Venezuela, determinar las razas y los grupos de compatibilidad vegetativa de *Foc* en aquellos estados donde no han sido estudiados con anterioridad.

#### **Aislamiento e identificación de *Foc***

Para la toma de muestras de plantas infectadas con *Foc*, se llevaron a cabo recorridos planificados en los estados Guárico, Cojedes, Carabobo y Miranda. Se visitaron 12 fincas y patios de casas donde se observaron plantas de *Musa* con síntomas de la enfermedad Mal de Panamá. Se muestrearon de 2 a 3 plantas por unidad de producción, las muestras se obtuvieron a través del método de punción del pseudotallo a 5 cm de altura, utilizando un sacabocados de 0,6 cm de diámetro,

realizando de 1 a 3 punciones por planta (Rodríguez 2000). El material extraído se colocó en un tubo de ensayo con agua destilada estéril. Las muestras se llevaron al Laboratorio de Micología del Postgrado de Agronomía de la Universidad Centroccidental "Lisandro Alvarado" ubicado en Cabudare, estado Lara y se incubó a temperatura ambiente ( $\pm 26^{\circ}\text{C}$ ), con frecuentes agitaciones para permitir la liberación de las esporas del tejido vegetal. De esta suspensión, se tomaron alícuotas de 0,5 mL y se dispersaron en platos Petri que contenían el medio de cultivo agar-agua al 1,8% m/v (AA) y se incubaron a temperatura ambiente por cinco días; posteriormente, se transfirió el hongo a un medio agar-papa-dextrosa (PDA). Para la identificación de la especie de *Fusarium* se utilizó la clave de Nelson *et al.* (1983).

#### **Pruebas de patogenicidad**

Se evaluaron 20 aislamientos de *Foc* utilizando, como plantas diferenciales, los cultivares 'Gran Enano', 'Manzano' y 'Topocho Criollo'. Se utilizaron 189 plantas provenientes de cultivo *in vitro*, las cuales se sembraron en vasos plásticos con 200 g de sustrato compuesto por una parte de tierra; 1,5 de cáscara de arroz y 0,5 de arena, procesado de la siguiente manera: el arroz se colocó en bolsas plásticas de alta densidad de 500 g. de capacidad, con 12 mL de agua destilada y se esterilizó en el autoclave a 15 psi por 15 minutos. Al enfriar el arroz, se colocaron tres discos de 6 mm de diámetro del hongo cultivado en PDA; se selló la bolsa y se incubó a temperatura ambiente por 8 días para su crecimiento. Posteriormente, se mezcló con el sustrato y se sembró la vitroplanta. Se usaron tres plantas por tratamiento y tres sin inocular (control). Las plantas se observaron semanalmente por dos meses para detectar la presencia de plantas marchitas. Después de dos meses se realizó una punción al pseudotallo de todas las plantas para corroborar la presencia de *Foc*.

#### **Porcentaje de severidad**

La severidad de la enfermedad se evaluó después de un mes de inoculadas las plantas, basado en el grado de daño en la hoja más vieja, los cuales fueron estimados visualmente siguiendo la escala de la Tabla 1.

El diseño estadístico empleado fue completamente al azar con un arreglo factorial de 21 x 3 (20 aislados de *Foc* + testigo, tres cultivares de *Musa*) con tres repeticiones, para un total de 189 unidades experimentales. A los datos de porcentaje de severidad se les aplicó determinación de la normalidad, mediante el método de coeficiente estandarizado de asimetría, luego los datos

fueron sometidos al análisis de varianza y la prueba de comparación de medias por Tukey, con un nivel de significancia de 0,5. Se utilizó el programa Statistix versión 8, para Windows.

Tabla 1. Escala de evaluación de síntomas externos de la hoja más vieja provocados por *Fusarium oxysporum* f. sp. *cubense*.

Porcentaje	Síntoma externo†
0%	Sin síntoma aparente
5%	Amarilleamiento en la punta de la hoja
15%	Amarilleamiento en un 50% de la hoja
25%	Amarilleamiento en un 100% de la hoja
50%	Necrosis en la punta de la hoja con amarilleamiento
75%	Necrosis en un 50% de la hoja con amarilleamiento
100%	Necrosis en un 100% de la hoja con amarilleamiento

† Partiendo de los criterios de Lara (2009) modificado por el investigador

### Determinación de los grupos de compatibilidad vegetativa

Para la generación de mutantes *nit* de los 50 aislados de *Foc* se siguió la metodología de Puhalla (1985), modificada por Correll *et al.* (1987) se utilizaron dos medios de cultivo diferentes, agar-papa-dextrosa con 15% de clorato de potasio (PDC) y medio mínimo con 20% de clorato de potasio (MMC). Después de la caracterización fenotípica, los mutantes *nit* del mismo aislamiento o de diferentes aislamientos fueron enfrentados en medio mínimo para comprobar su complementación. Para determinar el GCV, los mutantes se confrontaron con 29 patrones de GCV (Guédez y Rodríguez 2004). El fenotipo de los mutantes fue determinado siguiendo el procedimiento de Correll *et al.* (1987). Se transfirieron discos de 0,6 cm de diámetro de micelio de los mutantes *nit*, a platos Petri que contenían medio basal con una de las cuatro fuentes de nitrógeno siguientes: 2 g de NaNO<sub>2</sub>; 0,5 g de NaNO<sub>3</sub>; 0,2 g de hipoxantina y 1 g de tartrato de amonio. Los platos Petri fueron incubados a temperatura ambiente, observando las características después de cuatro días de crecimiento. Los fenotipos fueron asignados como *nit1*, *nit3*, NitM o *crn* de acuerdo a su crecimiento (Correll *et al.* 1987). El estudio de complementación entre mutantes se realizó en platos Petri (9 cm diámetro) con Medio Mínimo (MM). En un primer estudio, se enfrentaron cada uno de los mutantes de un mismo aislamiento, colocándolos a 3 cm de separación, se incubaron a temperatura ambiente y se observaron

diariamente. Un segundo estudio se realizó enfrentando los mutantes *nit1*, *nit3* y NitM con los mutantes de los demás aislamientos y un tercer estudio consistió en enfrentar 29 patrones de GCV (suministrados por el Dr. Randy Ploetz de la Universidad de Florida) con los mutantes de cada aislamiento. Cuando en la unión de los dos micelios se formaron áreas de crecimiento grueso, esto significó que se originaron heterocariones y por lo tanto, se consideraron complementarios.

### Identificación de razas

Una semana después de la siembra, las plantas de ‘Cambur Manzano’ inoculadas con las cepas de *Foc* comenzaron a mostrar síntomas típicos de la enfermedad Mal de Panamá, se observó marchitamiento y amarillamiento de las hojas inferiores que progresaban desde los márgenes de la hoja hasta el centro, siendo la hoja bandera la última en marchitarse. Para el caso de las plantas de ‘Gran Enano’, no se presentaron síntomas, lo que hace suponer la ausencia de la raza 4. Solo el aislado 82 generó síntomas en ‘Topocho’, y los aislados 75, 84, 87, 88 y 91 no indujeron síntomas del total de los 20 aislados analizados (Tabla 2).

Ocho de las 20 cepas (73, 74, 79, 80, 81, 83, 90 y 92) provenientes de Cojedes, Miranda y Carabobo pertenecen a la raza 1 de *Fusarium oxysporum* f. sp. *cubense*, debido a que presentaron síntomas de la enfermedad en plantas de cambur ‘Manzano’ y que una (*Foc* 82) de las veinte

cepas proveniente de Miranda pertenece a la raza 2 debido a que presentaron los daños característicos en plantas de ‘Topocho’.

**Porcentaje de severidad**

Con respecto a los síntomas externos expresados en el porcentaje de severidad de la hoja más vieja de las

plantas de *Musa*, los análisis de los resultados registraron diferencias significativas ( $p < 0,05$ ). Los aislamientos *Foc* 73, 74, 80, 81 y 82 presentaron los mayores niveles de amarillamiento y necrosis entre 58 a 100%, los aislados 79, 90 y 92 mostraron valores entre 30 y 34% y los menores niveles se registraron en el grupo c con menos del 8% (Fig. 1).

Tabla 2. Reacción de vitroplantas de *Musa* inoculadas con 20 aislamientos de *Fusarium oxysporum*, proveniente de los estados Carabobo, Cojedes, Guárico y Miranda.

Cepa de <i>Foc</i>		73	74	75	76	77	78	79	80	81	82
Cultivar	‘Cambur Manzano’	++	++	-	++	-	+	++	++	++	-
	‘Gran Enano’	-	+	-	-	+	-	-	-	-	-
	‘Topocho’	-	-	-	-	-	-	-	-	-	++
Cepa de <i>Foc</i>		83	84	85	86	87	88	89	90	91	92
Cultivar	‘Cambur Manzano’	++	-	+	+	-	-	+	++	-	++
	‘Gran Enano’	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	‘Topocho’	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

(+): Plantas sin síntomas y presencia de *Foc*.

(++): Aparición de síntomas en la planta y presencia de *Foc*.

(-): Plantas sin síntomas y sin la presencia de *Foc*. La cepas 82, 87 y 91 son aislados provenientes de plantas de ‘Topocho’ el resto proviene de plantas de ‘Cambur Manzano’. Los estados de donde se tomaron los aislamientos: Cojedes: 73, 74. Guárico: 75. Miranda: del 76 hasta el 89 y Carabobo: 90, 91 y 92.

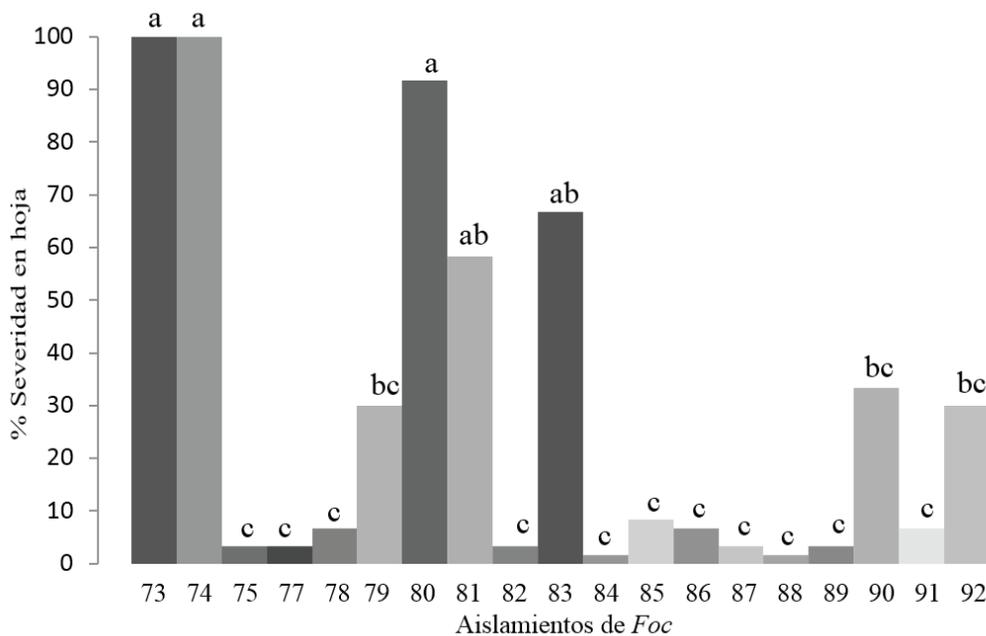


Figura 1. Efecto de diferentes aislamientos de *Fusarium oxysporum* provenientes de Cojedes, Carabobo, Guárico y Miranda sobre la severidad de la enfermedad en *Musa* un mes después de la inoculación.

### Determinación de los grupos de compatibilidad vegetativa

De los aislamientos de *Foc* se generaron 50 mutantes, seis de los cuales correspondieron a NitM, 12 *nit3* y 32 *nit1* (Tabla 3). Los cuales se distribuyeron de la siguiente manera: en el estado Cojedes se presentaron 2 *nit3* y 3 *nit1*, Guárico 2 *nit3*, Carabobo 2 NitM, 2 *nit1* y un *nit3* y en el estado Miranda se generaron 27 *nit1*, 7 *nit3* y 4 NitM. En el enfrentamiento de los mutantes con los 29 patrones de GCV no se observó ningún resultado de compatibilidad.

Tabla 3. Número total de fenotipos de mutantes *nit*, en los medio de cultivo de Medio Mínimo con Clorato (MMC) y PDA con Clorato (PDC) de los 20 aislamientos de *Fusarium oxysporum* f. sp. *cubense*.

Fenotipo/Medio	MMC	PDC	Total
<i>nit1</i>	12	20	32
<i>nit3</i>	7	5	12
NitM	4	2	6
Total	23	27	50

Se confirmaron que 9 de los 20 aislados provenientes de Cojedes, Miranda y Carabobo pertenecen a la raza 1 de *Foc* y uno (*Foc* 82), procedentes de Miranda, pertenece a la raza 2. Para el caso de las cepas del hongo que no presentaron síntomas en la planta pero que evidenciaron la presencia del mismo, Para el caso de las cepas del hongo que no presentaron síntomas en la planta pero que evidenciaron la presencia del mismo, quizás no correspondieron a *Fusarium oxysporum* f. sp. *cubense*, sino a cepas no patogénicas. Nel *et al.* (2006) documentaron que las plantas de banano son hospedantes de un amplio número de hongos endofíticos, dentro de los cuales, *Fusarium oxysporum* no patogénico ha sido identificado como una especie dominante, estableciendo relaciones con plantas de banano como biocontroladores de *Foc*. Trabajos realizados por Stover (1959) demostraron que con aislamientos provenientes de plantas de banano del cultivar ‘Gros Michel’, se detectó variabilidad en la patogenicidad de los aislamientos de *Foc*, igualmente, Saravanan *et al.* (2007) lo observaron con la raza 1, en el cultivar ‘Rasthali’. En cuanto a los mutantes de *Foc*, los resultados coincidieron con los obtenidos por Guédez (2003) quien encontró que la mayoría fueron mutantes *nit1*.

Por otra parte, Batlle y Pérez (2009) señalaron que

las poblaciones cubanas de *Foc* determinadas hasta entonces, pertenecían a los GCV 01210, 0124, 0124/0125 y 128. Sin embargo, también existen poblaciones que no corresponden con ningún GCV. Igualmente, Jumjunidang *et al.* (2012) en sus análisis con VCG indicaron que 26 de 30 aislamientos de *Foc* analizados en medio mínimo (MM) fueron capaces de formar heterocarión o ser compatibles con GCV 01213, 01216, 01213/16 y 0120/15, los cuatro aislamientos restantes no formaron heterocarión con 15 GCV utilizados. La incompatibilidad ha sido observada en diferentes hongos, incluido *Fusarium oxysporum* y junto con la resistencia al clorato, representa un factor limitante debido a que los aislados incompatibles complican el análisis de las poblaciones al no poder asignarlos a un GCV determinado (Vakalounakis *et al.* 2004). La incompatibilidad en el estudio de GCV, probablemente se deba a que algunos aislados de *Fusarium oxysporum* fueron no patogénicos (Katan *et al.* 1989), lo cual confirma el uso del método de GCV para diferenciar razas fisiológicas y formas especiales de *Fusarium oxysporum* Schlecht (Posada y Orozco de Amézquita 1994).

El resultado obtenido con los aislamientos *Foc* en esta investigación, que no se complementaron con ninguna de las cepas de referencia de GCV, deja la posibilidad de la existencia de nuevos GCV en los cultivos de Venezuela. No obstante, para demostrar la existencia de nuevos GCV sería necesario realizar un estudio más amplio, que incluya un número mayor de patrones, así como también otras técnicas de análisis genéticos. Por su parte, Batlle y Pérez (2009) mencionan que sería deseable completar un estudio de la composición de las poblaciones de *Foc* a nivel del Caribe y América del Sur que permitiera reconocer las poblaciones existentes en esta región y obtener un conocimiento más completo de la variabilidad real de las poblaciones de *Foc* en esta zona.

Como conclusiones se identificaron las razas de *Fusarium oxysporum* f. sp. *cubense* presentes en los estados Guárico, Cojedes, Carabobo y Miranda; indicando que el Mal de Panamá se encuentra presente en los estados evaluados, inducido por al menos dos razas (1 y 2) atacando plantas de cambur ‘Manzano’ y ‘Topocho’, respectivamente. Se determinó la severidad de las cepas utilizadas en los cultivos evaluados. Se plantea la posibilidad de la existencia de nuevos GCV de *Foc* en los cultivos de Venezuela, específicamente, en los estados Guárico, Cojedes, Carabobo y Miranda.

## AGRADECIMIENTO

Los autores expresan su agradecimiento al Postgrado de Agronomía y al Consejo de Desarrollo Científico, Tecnológico y Humanístico de la Universidad Centroccidental “Lisandro Alvarado” (CDCHT-UCLA) por el financiamiento parcial de esta investigación, a través del Proyecto 021-AG-2011. Al Dr. Randy Ploetz de la Universidad de Florida por suministrar patrones de GCV.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BATLLE A, PÉREZ L. 2009. Variabilidad genética de las poblaciones de *Fusarium oxysporum* f. sp. *ubense* en bananos y plátanos de Cuba. *Fitosanidad*. 12(3):169-184.
- COVE D. 1976. Chlorate toxicity in *Aspergillus nidulans*: the selection and characterisation of chlorate resistant mutants. *Heredity*. 36(2):191-203.
- CORRELL J, KLITTICH J, LESLIE J. 1987. Nitrate nonutilizing mutants of *Fusarium oxysporum* and their use in vegetative compatibility tests. *Phytopathology*. 77(12):1640-1646.
- DITA M, WAALWIJK C, BUDDENHAGENC I, SOUZA M, KEMAB G. 2010. A molecular diagnostic for tropical race 4 of the banana *Fusarium* wilt pathogen. *Plant Pathol*. 59(2):348-357.
- GUÉDEZ C. 2003. Determinación de razas fisiológicas y compatibilidad vegetativa de *Fusarium oxysporum* f. sp. *ubense* en la Región Bananera de los estados Trujillo y Zulia. Cabudare: Universidad Centroccidental “Lisandro Alvarado” (UCLA), Postgrado de Agronomía [Disertación Grado *Magister Scientiarum*], pp. 73.
- GUÉDEZ C, RODRÍGUEZ D. 2004. Compatibilidad vegetativa y raza patogénica de *Fusarium oxysporum* f. sp. *ubense* del estado Trujillo, Venezuela. *Fitopatol. Venez.* 17(2):30-32.
- JUMJUNIDANG R, SOEMARGONO A. 2012. Identification and distribution of *Fusarium oxysporum* f. sp. *ubense* isolates through analysis of vegetative compatibility group in Lampung province, Indonesia. *J. Agric. Biol. Sci.* 7(4):279-284.
- KEITH K, CORRELL J. 2001. Vegetative compatibility group diversity in *Fusarium*. In: SUMMERELL B, LESLIE AJF, BACKHOUSE D, BRYDEN WL, BURGESS LW. (Eds.). *Fusarium*. APS Press, Minnesota, USA, pp. 70-82.
- LARA D. 2009. Aislamientos y pruebas *in vitro* de *Fusarium oxysporum* f. sp. *ubense* (FOC) en banano. Escuela de Posgrado Maestría en Agricultura Ecológica. Documento del Tópico Especial, Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE). Turrialba, Costa Rica, pp. 31.
- MOORE N, BENTLEY S, PEGG K, JONES D. 1995. Marchitamiento del banano ocasionado por *Fusarium*. Hoja Divulgativa N 5. INIBAP, Montpellier, Francia, pp. 4.
- NELSON P, TOUSSOUN T, MARASAS W. 1983. *Fusarium* Species: Illustrated manual for identification. Pennsylvania State University Press, University Park, Pennsylvania, USA, pp. 142-146.
- NEL B, STEINBERG C, LABUSCHAGNE N, VILJOEN A. 2006. Isolation and characterization of nonpathogenic *Fusarium oxysporum* isolates from the rhizosphere of healthy banana plants. *Plant Pathol*. 55(2):207-216.
- PÉREZ L. 2004. Marchitamiento por *Fusarium* (mal de Panamá) en bananos: una revisión actualizada del conocimiento presente sobre su agente causal. *Fitosanidad*. 8(4):27-38.
- POSADA M, OROZCO DE AMÉZQUITA M. 1994. La compatibilidad vegetativa: un método para diferenciar razas fisiológicas y formas especiales de *Fusarium oxysporum* Schlecht. *Agronomía Colombiana*. 11(2):147-157.
- PUHALLA J. 1985. Classification of strains of *Fusarium oxysporum* on the basis of vegetative compatibility. *Can. J. Bot.* 63(2):179-183.
- PUHALLA J, SPIETH P. 1985. A comparison of Heterokaryosis and vegetative compatibility among varieties of *Gibberella fujikuroi* (*Fusarium moniliforme*). *Exp. Mycol.* 9(4):39-47.
- RODRÍGUEZ D. 2000. Ocurrencia de *Fusarium oxysporum* en plantaciones de ‘cambur Manzano’ en el estado Trujillo. *Fitopatol. Venez.* 13(1):22-24.

- RODRÍGUEZ D, MARTÍNEZ G, SANABRIA N, CAMACHO B. 2006. Ocurrencia de la marchitez por *Fusarium* en bananos en Venezuela. XVII Reunión Internacional ACORBAT. Santa Catarina, Brasil, pp. 650-652.
- SAGARPA (SERVICIO DE AGRICULTURA, GANADERÍA, DESARROLLO RURAL, PESCA Y ALIMENTACIÓN). 2012. Reporte Epidemiológico Mal de Panamá *Fusarium oxysporum* f. sp. *ubense* Raza. Sistema Nacional de Vigilancia Epidemiológica Fitosanitaria. México DF, México, pp. 9
- SARAVANAN T, MUTHUSAMY M, EBENEZAR E, BHASKARAN R. 2007. Desarrollo de un método adecuado para evaluar la virulencia del *Fusarium oxysporum* f. sp. *ubense* raza 1 (E. F. Smith) en el banano. Infomusa. 16(1):16-18.
- STOVER R, 1959. A rapid and simple pathogenicity test for detecting virulent clones of *Fusarium oxysporum* f. *ubense* using seedlings of *Musa balbisiana*. Nature. 184:1591-1592.
- KATAN T, KATAN J, HADAR E. 1989. Vegetative compatibility of *Fusarium oxysporum* f.sp. *dianthi* from carnation in Israel. Plant Pathol. 38(3):376-381.
- VAKALOUNAKIS D, WANG Z, FRANGKIADAKIS G, SKARACIS G. 2004. Characterization of *Fusarium oxysporum* isolates obtained from cucumber in China by pathogenicity, VCG, and RAPD. Plant Dis. 88(6):645-649.