

REACCIÓN DE GENOTIPOS DEL GERMOPLASMA DE *Musa* spp. A *Fusarium oxysporum* f. sp. *cupense* (Foc)

Lilián Morales Romero*, Amaurys Dávila Martínez y Lianet González Díaz.

Instituto de Investigaciones de Viandas Tropicales (INIVIT). Apdo. 6, Santo Domingo, CP: 53 000, Cuba.

*Autora para la correspondencia: relint@inivit.cu.

RESUMEN

El Mal de Panamá causado por el hongo *Fusarium oxysporum* f. sp. *cupense* (Foc), provoca una marchitez letal que conduce en los cultivares susceptibles a la muerte de la planta y una afectación severa de la productividad. El desarrollo de estudios en el Germoplasma Cubano de *Musa* spp. tiene prioridad máxima hacia la determinación de la susceptibilidad y reacción de los diferentes genotipos ante la enfermedad, constituyendo este el objetivo de la investigación que se llevó a cabo en el Instituto de Investigaciones de Viandas Tropicales (INIVIT), en el Banco de Germoplasma de *Musa* spp. plantado en un suelo Pardo mullido carbonatado. Se evaluaron los síntomas externos e internos de la enfermedad según la metodología y gradología propuesta por la Red Internacional para el Mejoramiento del Banano y el Plátano. Los genotipos que mostraron síntomas externos y grados 5 y 6 a la marchitez por *Fusarium* fueron los siguientes: Burro $\frac{3}{4}$ (ABB); Tamburo de Semilla (ABB); México 91-B (ABB); Burro Criollo (ABB); Burro CEMSA Enano (ABB); Burro Amarillo (ABB); Burro Enano (ABB) y Manzano Criollo (AAB). Se demostró la viabilidad de las muestras, logrando aislar el patógeno de las mismas a partir de tejido del pseudotallo o del corno de plantas enfermas tomadas en condiciones de campo. El patógeno aislado correspondió a *Fusarium oxysporum* f. sp. *cupense* (Foc). Dichos aislados forman parte de la colección de patógenos causantes de enfermedades en plátanos y bananos los que servirán para el progreso de importantes estudios en el país.

Palabras clave: enfermedades, Marchitez por *Fusarium*, plátanos y bananos.

REACTION OF *Musa* spp. GENOTYPES OF THE GERMOPLASM TO *Fusarium oxysporum* f. sp. *cupense* (Foc)

ABSTRACT

Panama disease caused by the fungal pathogen *Fusarium oxysporum* f. sp. *cupense* (Foc), causes a lethal wilt which in susceptible clones, leads to plant death and it seriously affects productivity. The development of studies within the Cuban germplasm of *Musa* spp. has the highest priority, that is why the present research was carried out at the Research Institute of Tropical Root and Tuber Crops to determine the susceptibility and reaction of the different *Musa* spp. genotypes of the germplasm bank to the disease, planted in a carbonated soft brown soil. External and internal symptoms of the disease were evaluated according to the methodology and gradology proposed by the International Network for the Improvement of Banana and Plantain. The genotypes that showed external symptoms and grades 5 and 6 to *Fusarium* wilt were the following: Burro $\frac{3}{4}$ (ABB); Tamburo de Semilla (ABB); Mexico 91-B (ABB); Burro Criollo (ABB); Burro CEMSA Enano (ABB); Burro Amarillo (ABB); Burro Enano (ABB) and Manzano

Criollo (AAB). The viability of the samples was demonstrated, and the pathogen was isolated from the tissue of the pseudostem or the corm of infected plants, collected on field conditions. The isolated pathogen was identified as *Fusarium oxysporum* f. sp. *cubense* (Foc). These isolates are part of the collection of pathogens that cause banana and plantain diseases, these will help to advance important studies in the country.

Keywords: Diseases, *Fusarium* wilt, bananas and plantain.

INTRODUCCIÓN

En América Latina y el Caribe, aunque no es el centro de origen de los plátanos y bananos, se produce un 28 % de la producción mundial. Aproximadamente 20 millones de toneladas (64 % de la producción) son de consumo local y siete países de la región están entre los 10 primeros países exportadores de banano. Además, el 99 % de los plátanos exportados se producen en América Latina (Dita *et al.*, 2013). Estas cifras demuestran el papel que los plátanos y bananos tienen en la economía y la seguridad alimentaria en el continente americano.

La marchitez por *Fusarium* de las musáceas, causada por el hongo *Fusarium oxysporum* f. sp. *cubense* (Foc), ha sido la enfermedad más destructiva de las musáceas y está considerada entre las 10 enfermedades más importantes en la historia de la agricultura (CIPF-FAO, 2006). La raza 1 causó una epidemia que impactó la industria de exportación bananera de América basada en el cultivar Gros Michel y provocó la desaparición de la mayoría de las plantaciones comerciales en la década de los años 50 a los 60 (Stover, 1972), con un impacto económico (solo estimado para las compañías exportadoras) de US \$2,300 millones. La única solución al problema fue reemplazar el cultivar Gros Michel por cultivares resistentes del subgrupo Cavendish, que representan actualmente casi la totalidad del banano de exportación plantado actualmente en el continente (Pocasangre y Pérez, 2009).

Foc causa una marchitez letal que conduce en los cultivares susceptibles a la muerte de la planta y una afectación severa de la productividad. El patógeno infecta a través de las raicillas secundarias y de aquí pasa a todo el sistema xilema moviéndose a todo el rizoma, pseudotallo y peciolo de las hojas. La incidencia de esta enfermedad aumenta paulatinamente en cada ciclo productivo, debido a la infección de los hijos y a su manifestación más frecuente en el momento de la floración. De esta manera, la incidencia se incrementa en los campos afectados, según aumenta los ciclos de cosecha. Foc presenta una gran variabilidad patogénica y su origen es polifilético, sus poblaciones han sido clasificadas en cuatro razas patogénicas. (Pérez, 2004).

Pérez *et al.* (2003) refieren que, debido a la falta de sentido genético de la clasificación existente de razas, se ha utilizado la clasificación de las poblaciones en grupos de compatibilidad vegetativa (VCGs), estableciéndose 23 grupos VCGs a nivel mundial. Los referidos autores señalan que en Cuba hay antecedentes de la enfermedad desde antes de 1900. La raza 1 destruyó el Gros Michel e hizo desaparecer plantaciones comerciales de Manzano en Cuba. La introducción del cultivares Cavendish (hacia 13 mil ha) y plátanos AAB (>43 mil ha) a mediados de los 60 determinó la casi desaparición de la enfermedad en el país hasta 1990, en que apareció la Sigatoka negra (*Mycosphaerella fijiensis* Morelet).

Pérez (2004) refiere que los altos costos anuales de la protección de cultivares del subgrupo Cavendish y plátanos se estimaron superiores a los dos millones de USD solo

para la adquisición de fungicidas sin contar infraestructura y aviones, lo que posibilitó que se tomara la decisión de proceder a la sustitución de estos cultivares altamente sensibles por cultivares o híbridos con resistencia parcial a Sigatoka negra. Los cultivares del subgrupo Cavendish fueron paulatinamente sustituidos por híbridos de la FHIA y los plátanos por Burro CEMSA (ABB), llegando a ocupar estos 63 mil ha a mediados del decenio presente.

Durante muchos años los cultivares del subgrupo Cavendish solo fueron afectados por Foc bajo condiciones de estrés nutricional y de bajas temperaturas como las que ocurren en los bananos cultivados en los subtrópicos. Sin embargo, la aparición en el sudeste asiático a principios de los 90 de la raza 4 tropical (R4T), la cual ataca severamente a las variedades del subgrupo Cavendish en condiciones de los trópicos, constituye una seria amenaza para la industria bananera de América Latina y el Caribe. (Buddenhagen, 2009).

Un factor adicional que torna Foc R4T extremadamente severa es el hecho de que además de los cultivares del grupo Cavendish afecta un grupo considerable de cultivares importantes para la seguridad alimentaria y generación de ingresos, entre las se encuentran los plátanos (AAB), bananos de cocción tipo Bluggoe (ABB) así como otras variedades importantes para pequeños productores como Gros Michel (AAA), Prata (AAB) y Manzano (AAB). Con los antecedentes anteriormente expuestos, es evidente que una eventual entrada de Foc R4T en América tendría consecuencias devastadoras tanto económicas como en términos de seguridad alimentaria. (Dita *et al.*, 2013).

Ploetz (2007); Molina (2009); Thangavelu *et al.* (2010) y Yi (2011) refieren que en el sudeste asiático grandes superficies plantadas con cultivares del subgrupo Cavendish han sido afectadas por Foc R4T provocando pérdidas millonarias. Los daños no solo están vinculados con las pérdidas debido a plantas enfermas, sino también al costo de las medidas de manejo a implementar, así como a los cambios tecnológicos que tienen que ser introducidos para minimizar los impactos de la enfermedad.

La aparición de una raza más patogénica del hongo: Foc raza tropical 4, representa una amenaza a la industria bananera de Asia, ya que, aunque la enfermedad se encuentra presente desde hace tiempo en China, Indonesia, Malasia y Filipinas, se ha venido propagando de forma alarmante sobre todo en Filipinas y China, dos de los principales productores de banana Cavendish del mundo (García *et al.*, 2013). El presidente de la Asociación de productores y exportadores de bananas de Mindanao (MBFEA), informó en el 2013 que alrededor del 39 % (5900 ha) de las plantaciones de Cavendish de sus miembros había resultado infectado, el autor asegura que más de 3000 ha han sido abandonadas (Bernadette, 2014).

Foc RT4 afecta especies del genero *Musa* y *Heliconia*. Ataca musáceas de importancia económica como Gros Michel, Bluggoe y Cavendish entre otros (Dita *et al.*, 2013).

El desarrollo de evaluaciones globales en el Germoplasma Cubano de *Musa* tiene una prioridad máxima hacia la determinación de la susceptibilidad y reacción de los diferentes genotipos ante la enfermedad. Estos estudios tienen una indiscutible contribución al conocimiento de las poblaciones cubanas del patógeno.

MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo se desarrolló en el Instituto de Investigaciones de Viandas Tropicales (INIVIT), ubicado en el Municipio Santo Domingo, provincia Villa Clara, situado a una latitud 22° 35' Norte, longitud 80° 18' Oeste y altitud 45,35 msnm. La investigación propiamente dicha se efectuó en el Banco de Germoplasma de *Musa* spp del INIVIT. Se evaluaron 340 accesiones de dicha colección en el año 2015, a los 22 meses de plantada la misma en un suelo Pardo mullido carbonatado (Hernández *et al.*, 2015). Las variables evaluadas se relacionaron con los síntomas presentes o síntomas ausentes.

Síntomas Externos

1. Amarillamiento del follaje (AF)
2. Rajaduras en la base del pseudotallo (RS)
3. Cambios en las nuevas hojas (CNH): márgenes pálidos irregulares, angostamiento, quemadura y rasgadura de la lámina y ésta se vuelve más erecta
4. Colapso del peciolo (CP)

Los Síntomas Internos fueron evaluados en el pseudotallo y cormo según la escala propuesta para la evaluación de los síntomas internos ocasionados por el marchitamiento por *Fusarium* (Carlier *et al.*, 2003).

Grado 1: Cormo totalmente limpio.

Grado 2: Puntos aislados sin decoloración del tejido vascular.

Grado 3: Decoloración de hasta $\frac{1}{3}$ del tejido vascular.

Grado 4: Decoloración de entre $\frac{1}{3}$ y $\frac{2}{3}$ del tejido vascular.

Grado 5: Decoloración mayor a los $\frac{2}{3}$ del tejido vascular.

Grado 6: Decoloración total del tejido vascular.

La toma de muestras se realizó según procedimiento adaptado de Natalie Moore, QDPI (Batlle y Pérez, 2003).

El aislamiento del hongo a partir de los haces vasculares coloreados se realizó según metodología propuesta por (Batlle y Pérez, 2003; Leslie, 2006). El procesamiento de las muestras se realizó en el Laboratorio de Fitopatología de la Dirección de Manejo de Plagas en el INIVIT.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Luego de evaluar 340 accesiones de la Colección Cubana de Plátanos y Bananos se pudo observar que nueve de los genotipos que la integran mostraron evidentes signos tanto internos como externos de la enfermedad a los 22 meses posteriores a la plantación (Tabla 1).

Tabla 1. Reacción de genotipos (síntomas presentes) del Germoplasma Cubano de *Musa* spp. a la Marchitez por *Fusarium* o Mal de Panamá.

Número de Cultivares evaluados	Plantas con síntomas externos	Plantas con Síntomas internos
340	48	48

La severidad de estos síntomas en las 48 plantas que exhibieron síntomas externos e internos se muestra en las Tablas 2 y 3.

Tabla 2. Caracterización de los síntomas externos del marchitamiento por *Fusarium*.

Cultivares Con síntomas externos	Genoma	Síntomas			
		AF	RS	CNH	CP
Burro ¾	ABB	X	X	X	X
Tamburo de Semilla	ABB	X	X	X	
México 91 -B	ABB	X	X		
Burro Criollo	ABB	X	X	X	
Burro CEMSA Enano	ABB	X	X	X	X
Burro Enano	ABB	X	X	X	X
Manzano Criollo	AAB	X	X	X	
Burro Amarillo	ABB	X	X	X	X

Amarillamiento del follaje (**AF**); Rajaduras en la base del pseudotallo (**RS**); Cambios en las nuevas hojas (**CNH**): márgenes pálidos irregulares, angostamiento, quemadura y rasgadura de la lámina y esta se vuelve más erecta; Colapso del peciolo (**CP**).

Tabla 3. Gradología exhibida por cultivares con síntomas internos del marchitamiento por *Fusarium*.

Cultivares Con síntomas internos	Genoma	Síntomas					
		Grado 1	Grado 2	Grado 3	Grado 4	Grado 5	Grado 6
Burro ¾	ABB						X
Tamburo de Semilla	ABB					X	X
México 91 -B	ABB					X	
Burro Criollo	ABB						X
Burro CEMSA Enano	ABB						X
Burro Enano	ABB						X
Manzano Criollo	AAB						X
Burro Amarillo	ABB						X

En las figuras 1, 2 y 3 se observan evidentes síntomas de la enfermedad que coinciden con los descritos en la literatura internacional.



Figura 1. Síntomas externos visibles en los cultivares: Burro Enano (a); Burro Amarillo (b); Burro Criollo (c).



Figura 2. Rajaduras en la base del pseudotallo observadas en el cultivar Burro CEMSA Enano.



Figura 3. Decoloración del tejido vascular observados en el cultivar Burro CEMSA Enano.

Las evaluaciones globales de forma anual o al término de cinco años cuando se planta de nuevo el germoplasma de *Musa* existente en el INIVIT, persiguen el objetivo marcado de evaluar los genotipos y corroborar la expresión de síntomas externos e

internos con la obtención de aislados que correspondan al hongo fitopatígeno. Los resultados obtenidos corroboran y coinciden con algunos de los genotipos reportados por Pérez *et al.* (2003), quienes refieren que las poblaciones cubanas pertenecen a la raza 1 (VCGs 01210 en Gros Michel y Manzano) y 2 (VCGs 0124, 0124/0125 y 0128 en Burro Criollo, Burro CEMSA, Burro Vietnamita o Pisang awak y el FHIA 03).

Entre los genotipos que mostraron síntomas de la enfermedad es necesario poner atención al cultivar Burro CEMSA ampliamente distribuido en el territorio nacional con una fuerte representación en la estructura clonal de municipio y provincias, que al inicio del desarrollo de plantaciones no mostraban síntomas de la enfermedad debido a la falta de inóculo existente, pero en la actualidad una importante parte de las plantaciones en la zona oriental y en general en el país, muestran niveles de severidad por la enfermedad; esto puede ser atribuible a la falta de medidas que limiten el movimiento de material infectado, la falta de programas de semilla y la ausencia de medidas de control que permitan limitar el desarrollo de la enfermedad, unido al desconocimiento por parte de agricultores y técnicos sobre la etiología y manejo de esta problemática fitosanitaria.

Aislamiento del hongo a partir de los haces vasculares coloreados

Se demostró la viabilidad de las muestras, logrando aislar el patógeno de las mismas a partir de tejido del pseudotallo o del cormo de plantas enfermas tomadas en condiciones de campo. El patógeno aislado correspondió a *Fusarium oxysporum* f. sp. *cubense* (Foc). Dichos aislados forman parte de la colección de patógenos causantes de enfermedades en plátanos y bananos existente en el Laboratorio de Manejo de Plagas del INIVIT los que servirán para el progreso de importantes estudios en el país.

CONCLUSIONES

1. El análisis continuo de las poblaciones de Foc en germoplasmas de *Musa* permite encontrar la máxima variabilidad de hospedantes y patógenos e incrementa el conocimiento sobre la diversidad genética del hongo fitopatígeno.
2. De los genotipos del Germoplasma Cubano de *Musa* spp mostraron síntomas a la marchitez por *Fusarium* o Mal de Panamá los siguientes: Burro $\frac{3}{4}$ (ABB); Tamburo de Semilla (ABB); México 91 – B (ABB); Burro Criollo (ABB); Burro CEMSA Enano (ABB); Burro Amarillo (ABB); Burro Enano (ABB) y Manzano Criollo (AAB).
3. A partir de tejido del pseudotallo o del cormo de todas las plantas enfermas (48) se logró aislar e identificar el hongo fitopatígeno *Fusarium oxysporum* f. sp. *cubense* (Foc).

BIBLIOGRAFÍAS

- BATLLE, A. y L. PÉREZ. 2009. Variabilidad genética de las poblaciones de *Fusarium oxysporum* F. sp. *cubense* en bananos. Fitosanidad. Vol. 13, No.3, Septiembre. 169-185p.
- BERNADETTE, P. 2014. La industria bananera, en peligro en Asia y Filipinas. *Bioversity International*, 46p.
- BUDDENHAGEN, I. 2009. Understanding strain diversity in *Fusarium oxysporum* f. sp. *cubense* and history of introduction of 'tropical race 4' to better manage banana production. ISHS Acta Horticulturae 828: International Symposium on Recent

Advances in Banana Crop Protection for Sustainable Production and Improved Livelihoods.

- CARLIER, J.D., De WAELE y J.V. ESCALANT. 2003. Evaluación global de la resistencia de los bananos al marchitamiento por *Fusarium*, enfermedades de las manchas foliares causadas por *Mycosphaerella* y nematodos. Guías Técnicas INIBAP 7. Red Internacional para el Mejoramiento del Banano y el plátano. Montpellier, Francia. INIBAP ISBN.2-910810-59-3. 57pp.
- CIPF-FAO. 2006. Notificación de Plagas. NIMF No. 17. Secretaría para la Convención Internacional de Protección Fitosanitaria (CIPF). Normas Internacionales para Medidas Fitosanitarias (NIMF). FAO.
- DITA, M.; P. ECHEGOYÉN y L. PÉREZ. 2013. Plan de contingencia ante un brote de la raza 4 tropical de *Fusarium oxysporum* f. sp. *cubense* En un país de la región del OIRSA. En: <http://www.oirsa.org/aplicaciones/subidoarchivos/BibliotecaVirtual/PlandecontingenaciacontraFocR4TOIRSA.pdf>. (Último acceso: 8 de abril de 2014).
- GARCÍA, F.; N. ORDONEZ; J. KONKOL; M. ALQASEM; Z. NASER; M. ABDELWALI; N. SALEM; C. WAALWIJK; R. PLOETZ y G. KEMA. 2013. First Report of *Fusarium oxysporum* f. *cubense* Tropical Race 4 associated with Panama Disease of banana outside Southeast Asia. Plant Disease. Plant Disease 0 0. En: <http://apsjournals.apsnet.org/doi/abs/10.1094/PDIS-09-13-0954-PDN>.
- HERNÁNDEZ, J.A.; J. PÉREZ; I. BOSCH y S.N. CASTRO. 2015. Clasificación de los suelos de Cuba. Ediciones INCA, Cuba. 2015, 93 p. ISBN: 978-77-7-959-7023.
- LESLIE, J. and B. A. SUMMERELL. 2006. The *Fusarium* Laboratory Manual. Iowa, EU. Blackwell Publishing Co. 376 p.
- MOLINA, A. 2009. Estado de la incidencia en Asia del marchitamiento por Raza 4 tropical de *Fusarium* en el cultivo del banano. In Reunión de Grupos de Interés sobre los Riesgos de la Raza 4 tropical de *Fusarium*, BBTv y otras Plagas de Musáceas, OIRSA (2009, San Salvador, El Salvador). Resúmenes. 71 p.
- PÉREZ, L. 2004. *Fusarium* wilt (Panama disease) of bananas: an updating review of the current knowledge on the disease and its causal agent. In ACORBAT (XV, 2004, Oaxaca, México). Memorias. p. 1-14.
- PEREZ, L.; A. BATLLE y J. FONSECA. 2003. *Fusarium oxysporum* f.sp. *cubense* en Cuba: biología de las poblaciones, reacción de los clones híbridos de la FHIA y biocontrol. En Rivas, G y Rosales, F. (Ed.) Actas del Taller “Manejo Convencional y Alternativo de Sigatoka Negra, Nematodos y Otras Plagas Asociadas al Cultivo de Musáceas en los Trópicos”. INIBAP. Guayaquil Ecuador 11-13 de agosto. Pp 141-155.
- PLOETZ, R.C. 2007. Assessing threats that are posed by destructive banana pathogens. In ISHS ProMusa Symposium (2007, White River, South Africa). Recent advances in Banana Crop Protection for Sustainable Production and Improved Livelihoods. 88 p.
- POCASANGRE, L. y V. PÉREZ. 2009. Impacto potencial de la entrada de la raza tropical 4 del mal de panamá (*Fusarium oxysporum* f sp. *cubense*) en la industria bananera y platanera de América Latina y el Caribe. En reunión de grupos de interés sobre los riesgos de la raza tropical 4 de *Fusarium*, BBTv y otras plagas de

- musáceas para la región OIRSA, América Latina y El Caribe, San Salvador, El Salvador. Resúmenes. Biodiversity. 71p.
- STOVER, R. 1972. Banana, plantain and abaca diseases. Surrey, UK. CMI. 316 p.
- THANGAVELU, R. and M.M. MUSTAFFA. 2010. First report on the occurrence of a virulent strain of Fusarium wilt pathogen (Race-1) infecting Cavendish (AAA) group of bananas in India. *Plant Disease*, 94(11):1379.
- YI, G. 2011. Potential strategy to manage Fusarium wilt in banana. BAPNET Bulletin Vol. 17 No. 1.