

## Respuesta de genotipos mejorados de bananos (*Musa spp.*) a *Mycosphaerella fijiensis* Morelet en el Instituto de Investigaciones de Viandas Tropicales

### Response of improved (*Musa spp.*) banana genotypes on *Mycosphaerella fijiensis* Morelet at Institute of Tropical Root and Tuber Crops Bananas and Plantains Research

Amaurys Dávila Martínez<sup>1</sup>, Marcos A Ullauri Espinoza<sup>2</sup>, Lilián Morales Romero<sup>1</sup> y Maryluz Folgueras Montiel<sup>1</sup>.

<sup>1</sup> Instituto de Investigaciones de Viandas Tropicales (INIVIT). Cuba

<sup>2</sup> Estudiante de Maestría en Agricultura Sostenible, Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas. Cuba

E-mail: [adavila@inivit.cu](mailto:adavila@inivit.cu)

**RESUMEN.** La Sigatoka Negra (*Mycosphaerella fijiensis* Morelet) es una enfermedad clave, conocida en el mundo bananero como la más destructiva de esta fuente de alimentos. El Programa de Mejoramiento Genético de Bananos y Plátanos en Cuba, rectorado por el Instituto de Investigaciones en Viandas Tropicales (INIVIT), enfatiza en la búsqueda de genotipos resistentes a dicha patología, por ser la estrategia de la lucha más económica y ambientalmente sostenible para combatirla. Con el objetivo de evaluar la respuesta de clones mejorados de bananos (*Musa spp.*) frente a *M. fijiensis*, en comparación con otros de referencia, se realizó el presente trabajo en las condiciones edafoclimáticas del INIVIT. Mediante un protocolo de investigación y evaluación de parámetros sobre resistencia /tolerancia, se obtuvo una útil información de retorno para fitomejoradores y patólogos. La respuesta de las variables relacionadas con la epifitología: período de incubación, tiempo de evolución de los síntomas y tiempo de desarrollo, utilizadas en la evaluación, varió en dependencia de la susceptibilidad del genotipo. El cultivar mejorado de banano ‘H-10’ (AAAB) manifestó tolerancia frente al patógeno, superado por ‘FHIA 25’ (AAA) que resultó ser resistente.

**Palabras clave.** Clones, genotipo, mejoramiento genético, sigatoka negra.

**ABSTRACT.** Black Sigatoka (*Mycosphaerella fijiensis* Morelet.) is considered as the most destructive disease in the banana world. The banana and plantain breeding program in Cuba, under INIVIT mandate is aimed at searching for resistant genotypes to this disease, as it is the most economically and environmentally sustainable strategy. With the aim to evaluate the response of improved banana (*Musa spp.*) genotypes against *M. fijiensis* in comparison to reference cultivars, a research was carried out in the edapho-climatic conditions at INIVIT. Through a research protocol and evaluations of variables for resistance / tolerance, useful feedback information is available for plant breeders and pathologists. Variable responses related with epiphytology, incubation time, evolution time of symptoms and developing time for evaluation varied depending on genotype susceptibility. The improved banana genotype ‘H-10’ (AAAB) showed tolerance to pathogen attack, only exceeded by ‘FHIA 25’ (AAA) which resulted resistant.

**Keywords.** Clones, genotypes, plant breeding, black sigatoka.

## INTRODUCCIÓN

Los bananos y plátanos (*Musa spp.*) se encuentran ampliamente distribuidos en las regiones tropicales y subtropicales del mundo, siendo componentes importantes de la dieta humana en casi todos los países, ya sea como alimento cocido o como fruta fresca (Aguilar y Kohlman, 2006), ubicados en el cuarto renglón en la categoría de productos alimenticios de gran demanda después del arroz, el trigo y la leche.

Las enfermedades de Sigatoka del banano están causadas por dos hongos ascomicetos emparentados: *Mycosphaerella fijiensis* Morelet, que causa la Sigatoka Negra (SN) o raya negra de la hoja y *Mycosphaerella musicola* Leach ex Mulder, que causa la Sigatoka Amarilla (SA) o Sigatoka común. Los dos patógenos pueden ser distinguidos morfológicamente esencialmente por las formas características de las conidias y los conidióforos.

(Mourichon *et al.*, 2000). Produce grandes pérdidas del área fotosintética tanto por la acción del patógeno, como por sus toxinas difundidas (El-Hadrami *et al.*, 2005), las cuales afectan severamente los rendimientos productivos de este cultivo (Marín *et al.*, 2003).

La evaluación en campo para conocer el desarrollo y evolución del proceso infestivo de *M. fijiensis* en genotipos de *Musa spp.* está condicionada por factores medioambientales (clima, suelo, temperatura, humedad) que pueden afectar el fenotipo de la resistencia (Chaerani, 2006).

En nuestro trabajo nos propusimos como objetivo: evaluar la respuesta de genotipos mejorados de *Musa spp.* frente a *M. fijiensis* en comparación con cultivares de referencia en las condiciones edafoclimáticas del INIVIT.

## MATERIALES Y METODOS

El trabajo se desarrolló en el período comprendido entre febrero de 2008 y marzo de 2009, 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. Se utilizó un suelo Pardo Sialítico Carbonatado, según la nueva versión de clasificación de los suelos de Cuba (Hernández *et al.*, 1999)

El diseño experimental empleado fue un Bloque al Azar con cuatro repeticiones, con la distribución aleatoria de clones de banano (*Musa spp.*), evaluando cinco plantas por clon.

Los clones objetos de estudio fueron:

1. 'Gran Enano' (AAA) Genotipo de referencia
2. 'FHIA 18' (AAAB) Genotipo de referencia
3. 'FHIA 25' (AAA) Genotipo de referencia
4. 'H-10' (AAAB) Genotipo mejorado

Como material de propagación se emplearon cormos (Calibre B) de los genotipos mejorados (híbridos obtenidos por el Programa de Mejoramiento Genético de Bananos y Plátanos del INIVIT) y de los genotipos de referencias procedentes del Banco de Germoplasma de bananos y plátanos del Instituto.

Para determinar el comportamiento de la susceptibilidad de los cultivares a la enfermedad, se comenzó a evaluar la evolución de ésta a partir del mes de noviembre. Se efectuaron monitoreos semanales y toda la información fue dispuesta en modelos elaborados al efecto.

Las labores de preparación de suelo y las actividades culturales se efectuaron según los requerimientos del cultivo, de forma tal que permitiera un desarrollo adecuado de las plantas y en correspondencia con lo indicado en el Instructivo Técnico del Cultivo del Plátano (MINAGRI, 2008). No se efectuaron aplicaciones de ningún tipo de fungicidas.

Para la evaluación del desarrollo de la patología, se tuvieron en cuenta los seis estadios de la misma (Fouré, 1982) y parámetros propuestos por Orjeda *et al.* (1998). Se realizaron las evaluaciones siguientes:

-Número de hojas/planta: Se determinó la media de las hojas por planta en cada evaluación en floración y cosecha.

-Periodo de Incubación (PI): Expresa los días entre la etapa Brun (B) y la aparición de los primeros síntomas.

-Tiempo de Evolución del Síntoma (TES): Días entre la presencia de los primeros síntomas y la aparición de manchas con centro seco.

-Tiempo de Desarrollo de la Enfermedad (TDE): Días entre estado de Brun (B) y la aparición de la mancha con centro seco.

-Hoja más Joven Manchada con más de 10 lesiones (HMJM): Expresa la primera hoja con manchas hacia abajo desde la primera hoja abierta.

-Índice de Severidad (IS): Expresa la magnitud del daño causada por la enfermedad. Puede expresarse en porcentaje (escalas cuantitativas) o en grados de afectación según descripciones cualitativas.

El Índice de Severidad (IS), fue calculado por la fórmula de Townsend y Heuberguer (Orjeda *et al.*, 1998).

$$IS = \sum nb \div (N - 1)T \times 100$$

Donde: IS= Índice de severidad.  
n= Número de hojas en cada grado.

IS= Índice de severidad  
 n= Número de hojas en cada grado.  
 b= Grado.  
 N= Número de grados empleados en la escala.  
 T= Número total de hojas evaluadas.

La raya negra de la hoja o Sigatoka negra como se conoce en el continente americano, es la enfermedad más importante que ataca el área foliar de *Musa* spp. (Mourichon *et al.*, 2000). Produce grandes pérdidas del área fotosintética tanto por la acción del patógeno, como por sus toxinas difundidas (El-Hadrami *et al.*, 2005), las cuales afectan severamente los rendimientos productivos de este cultivo. (Marín *et al.*, 2003)

La evaluación en campo para conocer el desarrollo y evolución del proceso infestivo de *M. fijiensis* en genotipos de *Musa* spp. está condicionada por factores medioambientales (clima, suelo, temperatura, humedad) que pueden afectar el fenotipo de la resistencia (Chaerani, 2006).

En nuestro trabajo nos propusimos como objetivo: evaluar la respuesta de genotipos mejorados de *Musa* spp. frente a *M. fijiensis* en comparación con cultivares de referencia en las condiciones edafoclimáticas del INIVIT.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La primera hoja totalmente abierta presentó 10 ó más lesiones discretas, necrosadas y maduras. Contando las hojas de arriba hacia abajo, se observó que en los clones ‘Gran Enano’;

‘FHIA-18’; ‘FHIA-25’ y ‘H-10’, la hoja más joven manchada (HMJM) apareció en las posiciones 5,90; 7,40; 10,2 y 9,16, respectivamente. (Tabla 1)

**Tabla 1. Evaluación de la hoja más joven manchada (HMJM) y del número de hojas en la etapa de floración en clones de bananos**

Clones	HMJM	Hojas en floración
Gran Enano	5,90 c	9,85 b
FHIA 18	7,40 b	11,45 a
FHIA 25	10,2 a	12,00 a
H-10	9,16 a	11,52 a
ES±*	0,39	0,37

(a,b,c,d) medias con letras no comunes en una misma columna difieren por Duncan a ( $p < 0,05$ )

Los clones ‘FHIA-25’ y ‘H-10’ no presentaron diferencias estadísticas significativas para ( $p < 0,05$ ). El clon ‘Gran Enano’ presentó diferencias estadísticas significativas con respecto a los demás clones de banano en estudio.

Durante las observaciones se pudo comprobar que a pesar de que todas las hojas de la planta son igualmente susceptibles a *M. fijiensis*, las mayores infestaciones ocurrieron sobre las hojas nuevas, entre las emergentes y las completamente desarrolladas. Se pudo confirmar, que de la primera a la tercera hoja más joven abierta, es mayor la susceptibilidad a la infección natural, que en el resto de los foliolos. Dichos resultados coinciden con lo expresado por Gauhl (1994).

En cuanto al número de hojas en el momento de la floración, el valor más favorable se manifestó en el clon ‘FHIA-25’ (12 hojas), sin diferencias

estadísticas significativas ( $p < 0,05$ ), con los clones ‘H-10’ y ‘FHIA-18’ (11,52 y 11,45 hojas, respectivamente). El clon ‘Gran Enano’ al llegar a la etapa de floración presentó 9,85 hojas, mostrando el valor más bajo en relación a los demás clones estudiados.

Valores inferiores a ocho hojas en el periodo de floración, pueden llegar a producir afectaciones en el correcto llenado del dedo y con ello, una considerable disminución del peso del racimo, o sea, la planta requiere más de ocho hojas activas para un correcto desarrollo del fruto (Pérez *et al.*, 1996).

Las variables: hoja más joven manchada (HMJM) al momento de la floración y número de hojas erectas (NHE) al momento de la floración y la cosecha, han sido tomadas en consideración para la evaluación

de la evolución de la enfermedad en condiciones de campo y expresión de la susceptibilidad de clones a la SN por diferentes autores (Vakili, 1968; Pino, 1996).

En condiciones de campo, cuando genotipos susceptibles van a cosecharse, es probable que no se observen hojas funcionales y todas estén completamente necrosadas. En los casos en que se manifiesta una resistencia parcial extrema, el desarrollo de la enfermedad desde el estadio de rayas hasta la aparición de manchas necróticas es muy lento, y la tasa de esporulación es baja. Como resultado las plantas al momento de la cosecha llegan con un mayor número de hojas funcionales y con ello el rendimiento no se ve tan afectado. (Mourichon *et. al.*, 2000).

Sin embargo, en otros estudios de clones procedentes de programas de mejoramiento se ha observado, que este aspecto llega en ocasiones a enmascarar el resultado real (Cohan *et. al.*, 2003).

En los bananos, el desarrollo de los racimos depende del potencial fotosintético de las hojas (Krishnamoorthy *et. al.*, 2004). En el periodo que culmina con la emisión de la bellota o pámpana, la planta requiere un determinado número de hojas las cuales son fundamentales para llevar a cabo el llenado del dedo sin dificultad y de esta forma garantizar en gran medida el resultado reproductivo esperado según el potencial que tenga cada cultivar.

Coincidiendo con lo expresado por Gauhl (1994), adicionalmente en la investigación se estudiaron algunas variables relacionadas con la epifitología de la enfermedad, entre ellas: el período de incubación, el tiempo de evolución de los síntomas y el tiempo de desarrollo de la enfermedad. (Tabla 2)

Los valores de periodo de incubación de la enfermedad más altos se aprecian en el clon 'FHIA-25' con un intervalo de 51,65 días sin diferencias estadísticas significativas para ( $p < 0,05$ ) con los clones 'H-10' (51,18 días) y 'FHIA 18' (47,90 días). En el clon 'Gran Enano' el período de incubación se produjo a los 26,43 días, mostrando diferencias estadísticas significativas con el resto de los clones estudiados.

Este parámetro en niveles muy bajos es característico en cultivares susceptibles a la enfermedad. Se ha comprobado que la resistencia también se explica por tener períodos de incubación y desarrollo mucho más prolongados, con relación a los clones conocidos como susceptibles (Pérez *et. al.*, 2002).

El Tiempo de Evolución del Síntoma (TES) más prolongado se observó en el clon 'FHIA-25' (115,90 días), con diferencias estadísticas significativas con el resto de los clones. Los clones 'FHIA-18' y 'H-10' necesitaron un período de 54,90 y 50,02 días, respectivamente. Entre estos clones no se manifestaron diferencias estadísticas significativas. El clon 'Gran Enano' exhibió el TES menos prolongado (36,85 días), mostrando diferencias estadísticas significativas con el resto de los clones. Estos resultados coinciden con lo expresado por Gauhl *et al.* (2000) quienes afirman que el TES, varía con la susceptibilidad del genotipo.

En las condiciones donde se evaluaron los clones de banano el tiempo necesario para el desarrollo de la enfermedad (TDE) en el clon 'FHIA 25' tardó 167,65 días, valor que difiere estadísticamente ( $p < 0,05$ ) del evaluado en el resto de los clones. Sin embargo, el desarrollo de la enfermedad en los clones 'FHIA-18' y 'H-10' se produjo a los 102,80

**Tabla 2. Variables: Período de incubación PI, Tiempo de evolución del síntoma TES y Tiempo de desarrollo de la enfermedad TDE en clones de banano**

Clones	Período de Incubación (días)	Tiempo de evolución del síntoma (días)	Tiempo de desarrollo de la enfermedad. (días)
Gran Enano	26,43 b	36,85 c	65,28 c
FHIA 18	47,90 a	54,90 bc	102,80 b
FHIA 25	51,65 a	115,90 a	167,65 a
H-10	51,18 a	50,02 bc	99,96 b
ES±*	2,04	2,95	3,14

(a,b,c,d) medias con letras no comunes en una misma columna difieren por Duncan a ( $p < 0,05$ )

y 99,96 días, respectivamente. En el clon ‘Gran Enano’ el desarrollo de la enfermedad ocurrió antes de los 70 días, mostrando diferencias estadísticas significativas con el resto de los clones. (tabla 2)

Se pudo constatar que el tiempo de desarrollo de la enfermedad, también conocido como período de latencia, varió en dependencia de la susceptibilidad del genotipo en las condiciones donde se efectuó el presente estudio, coincidiendo este resultado con lo expresado por Marín *et. al.* (2003).

En la Tabla 3 aparece el índice de infección, que expresa la magnitud del daño causado por la enfermedad. En el clon ‘Gran Enano’ se expresó el IS más elevado (32,98%) en relación a los demás clones en estudio, con diferencias numéricas y estadísticas visibles. Los clones de mejores resultados fueron ‘FHIA-25’ (9,11%) y ‘H-10’ (18,57%). Teniendo en cuenta el criterio propuesto por Krishnamoorthy *et. al.* (2004) el clon ‘FHIA-25’ manifestó una respuesta de resistencia a *M. fijiensis*, mientras que ‘H-10’ fue tolerante a la enfermedad, siendo ‘Gran Enano’ el más susceptible.

**Tabla 3. Índice de severidad (IS) causada por *M. fijiensis* en clones de bananos**

Clones	Medias (IS)	Medias de rango
Gran Enano	32,98	82,40 d
FHIA 18	30,20	65,63 c
FHIA 25	9,11	15,25 a
H-10	18,57	42,18 b
ES ±X*	-	61,11

(a,b,c,d) medias con letras no comunes en una misma columna difieren por Duncan a (p<0,05)

Las variables PI y TES obtenidas en este ensayo guardan una relación estrecha con los resultados exhibidos en relación a la variable índice de severidad. Se observó que el clon ‘FHIA 25’ (PI= 51,65 días y TES= 115,90 días) fue el que manifestó una mejor respuesta a la infección, en contraste con la respuesta del clon ‘Gran Enano’ (PI= 26,43 días y TES= 36,85 días) que expresó una magnitud de daño superior.

Lo anterior corrobora lo aseverado por Meredith y Lawrence (1970) que aseguran que la resistencia también en muchos casos se explica por tener períodos de incubación y tiempo de evolución del síntoma mucho más prolongados en relación a los clones conocidos como susceptibles.

Durante la evaluación del desarrollo y evolución del proceso infestivo de *M. fijiensis* en genotipos de *Musa* spp. se pudo conocer el comportamiento de todas las variables evaluadas para los genotipos objeto de estudio.

Al realizar un análisis detallado para recolectar información sobre resistencia /tolerancia de los genotipos mejorados a SN, se pudo constatar según Krishnamoorthy *et. al.* (2004), que el híbrido ‘H-10’ obtenido mediante el programa de mejoramiento del INIVIT fue catalogado como “Tolerante”, con un IS de 18,57 en comparación con el clon ‘Gran Enano’ definido como “Susceptible”. El ‘FHIA-25’ resultó tener una respuesta de resistente a SN.

Los resultados obtenidos coinciden con los señalados por Mourichon *et. al.* (2000) quienes refieren al clon ‘FHIA-25’ como portador de resistencia parcial u horizontal. La resistencia parcial muestra desde moderados niveles de resistencia parcial hasta alta resistencia parcial.

**CONCLUSIONES**

1. En los clones de banano ‘Gran Enano’, ‘FHIA - 18’, ‘FHIA - 25’ y ‘H- 10’ la hoja más joven manchada (HMJM) al momento de la floración apareció en las posiciones 5,90; 7,40; 10,2 y 9,16, respectivamente. Los clones ‘FHIA-25’ y ‘H-10’ respecto a esta variable no presentaron diferencias estadísticas significativas.
2. La respuesta de las variables relacionadas con la epifitología de la enfermedad: período de incubación (PI), tiempo de evolución de los síntomas (TES), y tiempo de desarrollo de la enfermedad (TDE), utilizadas en la evaluación de genotipos de *Musa* spp. en las condiciones edafoclimáticas del INIVIT variaron en dependencia de la susceptibilidad del genotipo.
3. Entre los bananos estudiados, el clon ‘FHIA-25’ fue el de mejor respuesta a Sigatoka Negra con PI de 51,65 días, TES de 115,90 días y TDE de 167,65 días. El clon ‘Gran Enano’ resultó susceptible con valores de PI de 26,43 días, TES de 36,85 días y TDE de 65, 28 días.
4. El genotipo mejorado de banano ‘H-10’ (AAAB) manifestó reacción de tolerancia frente a Sigatoka

Negra y sólo fue superado por el genotipo de referencia 'FHIA 25' (AAA) que resultó tener una respuesta de resistente.

## BIBLIOGRAFÍA

1. Aguilar F.X. y B. Kohlmann.: Willingness to consume and produce transgenic bananas in Costa Rica. *International Journal of Consumer Studies* 30(6): 544-551, 2006.
2. Chaerani, R.: Early blight resistance in tomato: screening and genetic study Ph.D. thesis, Wageningen University, the Netherlands ISBN: 90-8504-355-7. 88p, 2006
3. Cohan, J. P., C. Abadie, K. Tomekpé y J. Tchango.: Evaluación del desempeño agronómico y de la resistencia a la Sigatoka Negra del híbrido de plátano 'CRBP-39'. *Infomusa* 12(1): 29-32, 2003.
4. Ministerio de la Agricultura (MINAGRI):. Instructivo Técnico del Cultivo del Plátano. Biblioteca ACTAF. Segunda edición. 19 p, 2008.
5. El-Hadrami A, D. Kone y M. Lepoivre.: Effect of juglone on active oxygen species and antioxidant enzymes in susceptible and partially resistant banana cultivars to Black Leaf Streak Disease. *European Journal of Plant Pathology* 113: 241-254, 2005.
6. Fouré, E. : Les Cercosporiose du bananier et leur traitement. Comportement des variétés. Etude de la sensibilité variétale des bananiers et plantains a *Mycosphaerella fijiensis* Morelet au Gabon (maladies de raises noires). I Incubation et evolution de la maladie. II Etude de quelques parametres. *Fruits* 37(12): 749-771, 1982.
7. Gauhl, F.: Epidemiology and Ecology of black Sigatoka (*Mycosphaerella fijiensis* Morelet) on Plantain and Banana (*Musa spp.*) in Costa Rica, Central America. Montpellier, Francia, INIBAP, 1994.
8. Gaulh F, C. Pasberg-Gauhl, D. Jones. : Diseases of Banana; Abacá and Enset. Wallingford, UK, CAB International, pp. 17-25, 2000.
9. Hernández, A., J. M. Pérez, y I. D.: Bosch.: Nueva versión de la clasificación genética de los suelos de los suelos de Cuba. Instituto de Suelos. Ciudad de la Habana. pp. 28-46, 1999.
10. Krishnamoorthy V, N. Kumar, K. Angappan, K. Soorianathasundaram.: Evaluation of new banana hybrids against black leaf streak disease. *Infomusa* 13(1): 25-27, 2004.
11. Marín D., R. Romero, M. Guzmán y T. Sutton.: Black Sigatoka. An increasing threat to banana cultivation. *Plant Disease* 87(3): 208-222, 2003.
12. Meredith DS, Lawrence JS.: Black leaf streak disease of bananas (*Mycosphaerella fijiensis*): Symptoms of disease in Hawaii, and notes on the conidial state of the causal fungus. *Transaction British Mycology Society* 52: 459-476, 1970
13. Mourichon X. , P. Lepoivre y J. Carlier. : Host-pathogens interactions. Chapter 2. Fungal disease of the foliage. CABI Publishing, Wallingford, Oxford, UK. *Diseases of Banana*: 67-72, 2000.
14. Orjeda, G.: Evaluación de la resistencia de los bananos a las enfermedades de Sigatoka negra y marchitamiento por *Fusarium*. Guías técnicas INIBAP 3. IPGRI, Roma, Italia, 1998.
15. Pérez, L.: Manual para el manejo integrado de Sigatoka negra (*Mycosphaerella fijiensis* Morelet) y Sigatoka amarilla (*Mycosphaerella musicola* Leach ex Mulder) en bananos y plátanos. Proyecto TCP/CUB/4454. 45p, 1996.
16. Pérez, L., J. Álvarez y M. Pérez.: Economic impact and management of black leaf streak disease in Cuba. En: Jacome, L, Leoivre P, Marín D, Ortiz R, Romero R y Escalant V (eds) *Mycosphaerella* leaf spot disease of bananas, present status and outlook. Proceeding of the Workshop on *Mycosphaerella* leaf spot disease held in San José, Costa Rica. pp. 71-84, 2002.
17. Pino, J.A.: Manejo sostenible para el combate de la Sigatoka negra. Informe de investigación. INIVIT. Cuba. 32p, 1996.
18. Vakili, N.: Response of *Musa acuminata* species and edible cultivars to infection by *Mycosphaerella musicola*. *Tropical Agriculture* 45: 13-22, 1968.

Recibido: 20/11/2010

Aceptado: 08/04/2011