

Evaluación de los indicadores que determinan la susceptibilidad de cinco cultivares de banano a la sigatoka negra (*Mycosphaerella fijiensis* Morelet)

Evaluation of indicators to determine black sigatoka susceptibility in five banana hybrid cultivars (*Mycosphaerella fijiensis* Morelet)

Reinaldo Pérez Armas², Miguel Francesena Negrín¹, Ernesto Espinosa Cuéllar³, Leónides Castellanos González², Lissette Ponce Rancel⁴, Yoandris Socarrás Armenteros²

¹Granja Agroindustrial Marta Abreu. Carretera a Santa Clara, km 4. Cruces, Cienfuegos, Cuba, C.P. 57500.

²Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad de Cienfuegos, Carretera de Rodas, Km 4, Cienfuegos, Cuba, C.P. 55100.

³INIVIT, Apdo. 6, Santo Domingo, Villa Clara, Cuba, C.P. 53 000.

⁴Filial Universitaria Horquita. Asentamiento Horquita, Abreu. Cienfuegos, Cuba, C.P. 57700.

E-mail: rpereza@ucf.edu.cu

RESUMEN. Con el objetivo evaluar los principales indicadores que determinan la susceptibilidad a *Mycosphaerella fijiensis* Morelet de cultivares híbridos de bananos en condiciones de secano se realizó el presente trabajo en la Granja Agroindustrial Marta Abreu, sobre un suelo Pardo carbonatado. Se condujo un experimento de campo con un diseño en bloques al azar con cuatro réplicas en las que fueron consideradas como variantes cinco clones de banano ('FHIA-18', 'FHIA-02', 'FHIA-01', 'SH-3436 L-9' y 'FHIA-23'). Se evaluó la hoja más joven manchada, el número de hojas por plantas, el periodo de incubación, el tiempo de evolución del síntoma, el tiempo de desarrollo de la enfermedad, el índice de severidad de la enfermedad y el Índice relativo de infección. Los clones 'FHIA-23' y 'SH-3436 L-9' desarrollaron por mayor tiempo la enfermedad. El cultivar más susceptible a la Sigatoka negra en las condiciones de la granja fue el 'FHIA-23'. Los clones 'FHIA-18', 'FHIA-01' y 'FHIA-02' presentaron mejor respuesta en la hoja más joven manchada, el número de hojas en el momento de la floración y en la cosecha. 'FHIA-01' y 'FHIA-18' fueron los de mejor respuesta a Sigatoka Negra atendiendo al período de incubación, el tiempo de evolución del síntoma y el tiempo de desarrollo de la enfermedad.

Palabras clave: bananos, clones, sigatoka negra, *Mycosphaerella fijiensis*, FHIA.

ABSTRACT. This work had the objective of determining the variation of growth, development and yields indicators of five banana hybrid cultivars. The research was carried in the Agroindustrial Farm Marta Abreu, Cienfuegos, in a carbonated Brown soil. It was made a characterization of the soil and the climatic variables. A field experiment was developed with a design in blocks at random with four repetitions with five banana cultivars as treatments ('FHIA-18', 'FHIA-02', 'FHIA-01', 'SH-3436 L-9' and 'FHIA-23'). The plots had an area of 56 m² with 16 plants, been evaluated eight for a total 32 plants for cultivar. The variable evaluated were the spotty youngest leaf, number of leaf by plant, incubation time (PI), evolution time of symptoms (TES) and developing time of symptoms (TED), severity index (IS), active photosynthetic index (INHE) and infection relative index. The cultivars FHIA-23 and SH 3436 L9 presented a hither time of development of the disease. In a general the more susceptible cultivar to the black Sigatoka under of the farm condition was FHIA-23. The clones FHIA-18, FHIA-01 and FHIA-02 presented the best behavior in the spotted youngest leaf and the number of leaf up to the flowering and the harvest time. The clones FHIA-01 and FHIA-18 have the better response to Black Sigatoka attending to the incubation period, the evolution time of the symptom and development time of the disease.

Key words: banana, hybrids, black sigatoka, *Mycosphaerella fijiensis*, FHIA.

INTRODUCCIÓN

Los bananos (*Musa* spp.) se consideran una importante fuente de alimento para gran parte de la población mundial, localizada principalmente en países subdesarrollados de Asia, África, América

Central y del Sur, las producciones anuales se estiman alrededor de 90 millones de toneladas, de estas 72 millones pertenecen al banano (FAO, 2004). La economía de muchos de esos países

depende de su exportación para generar ingresos. Este cultivo forma parte de la dieta de más de 400 millones de personas y se ubica en el cuarto renglón de la categoría de productos alimenticios de mayor demanda, después del arroz (*Oryza sativa* L.), el trigo (*Triticum aestivum* L.) y la leche (FAO, 1999).

Según Batlle et al. (1999) de las 108 700 ha de musáceas cultivadas en Cuba, los cultivares de banano del subgrupo Cavendish (AAA) ocupaban 32 800 ha, sin embargo es objetivo disminuir algunas áreas sustituyéndolas con híbridos tetraploides que sean resistentes a plagas enfermedades procedentes de la Fundación Hondureña de Investigaciones Agrícola (FHIA), así como los bananos de cocción (plátanos burros, ABB), pues estos pertenecen a los grupos genómicos (AAA) y (AAB) que presentan bajos rendimientos y son susceptibles a las enfermedades.

La Sigatoka negra, enfermedad causada por el hongo *Mycosphaerella fijiensis*, es el principal problema fitopatológico del cultivo del banano y el plátano en América, Asia y África. (Hidalgo et al., 2006)

A pesar de los avances obtenidos en los estudios de la enfermedad, aún se evidencia que la investigación en la sigatoka negra sigue siendo una prioridad, donde se hace necesario fortalecer estudios epidemiológicos del patógeno, reducción de fuentes de inóculo, reducción de uso de agrotóxicos, manejo del microclima y la fertilización. El enfoque de manejo integrado del cultivo representa una opción sostenible para los pequeños productores.

Se hace necesario evaluar nuevos híbridos en las condiciones edafoclimáticas de las diferentes regiones de Cuba para conocer su respuesta productiva y ante las plagas y enfermedades. Por esto, el objetivo de la presente investigación fue evaluar la respuesta de los indicadores que determinan la susceptibilidad de los cultivares de bananos a la Sigatoka negra en condiciones de secano en una granja anteriormente cañera que se transforma en agropecuaria en la provincia de Cienfuegos.

MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se desarrolló en condiciones de secano la Granja Agroindustrial Marta Abreu del municipio de Cruces en el periodo 2008 - 2010, sobre un suelo pardo carbonatado. Entre sus principales características del mismo se destaca la poca profundidad, buen drenaje interno, el relieve predominante es llano con pendientes bajas (4,1 %) y su profundidad varía entre los 25 y 50 cm. Sus propiedades agroproductivas pueden ser consideradas como buenas.

El clima de la zona es semihúmedo. La precipitación media en los últimos 20 años oscila entre 1200 y 1300 mm.

Se condujo un experimento de campo con cuatro réplicas considerándose como variantes cinco clones de banano ('FHIA-18', 'FHIA-02', 'FHIA-01', 'SH-3436 L-9' y 'FHIA-23'). El diseño utilizado fue bloques al azar en el que las evaluaciones se realizaron a la planta madre (primer ciclo) y al primer vástago (segundo ciclo).

Las parcelas tenían un área de 56 m² con 16 plantas cada una de las que se tomaron ocho para evaluar un total 32 plantas por clon. Las actividades culturales se realizaron según el instructivo técnico para el cultivo. (MINAGRI, 2008)

Para la evaluación del desarrollo de la patología fueron tenidos en cuenta los seis estadios de la misma (Fouré, 1982) y los parámetros propuestos por Orjeda (1998). Las evaluaciones realizadas fueron las siguientes:

- Hoja más Joven Manchada con más de 10 lesiones (HMJM): Expresa la primera hoja con manchas hacia abajo desde la primera hoja abierta.
- Número de hojas por plantas: Se determinó el promedio de las hojas por planta en cada clon en las etapas de floración y cosecha.
- Período de Incubación (PI): Se determinó la cantidad de días entre la etapa Brun (B) de la hoja de cigarro, cuando ocurre la infección y la aparición de los primeros síntomas.
- Tiempo de Evolución del Síntoma (TES): Se determinó la cantidad de días entre la aparición de

los primeros síntomas y las manchas con centro seco.

➤ Tiempo de Desarrollo de la Enfermedad (TDE): Se determinó la cantidad de días entre la etapa 02 de la hoja de cigarro y la aparición de la mancha con centro seco, mediante la escala para medir la resistencia (Pino, 1996):

- ◆ Altamente Resistente (AR) si HMJM > 10.
- ◆ Resistente (R) si HMJM 8.6-9.9
- ◆ Medianamente Susceptible (MS) si HMJM 6.6-8.5
- ◆ Susceptible (S) si HMJM 5.5-6.5

➤ El índice de severidad de la enfermedad (IS) o Índice de Infección (II): Expresa la magnitud del daño causada por la enfermedad. Puede expresarse en porcentaje (escalas cuantitativas) o en grados de afectación según descripciones cualitativas. Se calculó mediante la fórmula de Townsend y Heuberguer, según Unterstehuefer (1963), citado por Orjeda (1998):

$$IS = \sum \frac{nb}{(N - 1)T * 100}$$

Leyenda:

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

➤ Índice Relativo de infección (IRI): Se determinó, contabilizando el número de hojas funcionales con manchas en las etapas de floración y cosecha, mediante la fórmula:

$$IRI = \frac{IRHF * NHMF}{NHMC}$$

Leyenda:

IRI: Índice relativo de infección

IRHF: Índice relativo de hojas en la floración

NHMF: Número de hojas manchadas en la floración

NHMF: Número de hojas manchadas en la cosecha

NHMC: Número de hojas con manchas en el momento de la cosecha del racimo

Los datos obtenidos se procesaron estadísticamente mediante análisis de varianza con comparaciones múltiples de medias según el test de Tukey HSD. Para los datos sin homogeneidad de varianza, la comparación múltiple de medias se realizó según Dunnett 'C'. para realizar los análisis se utilizó los paquetes STATGRAPHICS Versión Centurión XV-II 2006 sobre Windows XP y SPSS versión 15.0 para Windows.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la respuesta de los cultivares de bananos ante la Sigatoka negra los clones 'FHIA-01', 'FHIA-18' y 'FHIA-02' mostraron mayor resistencia para la variable primera hoja manchada en la posición 11,8, 11,1 y 9,7 respectivamente, sin diferencia estadística entre ellos (Tabla 1), pero sí con los otros evaluados.

Estos resultados confirman el criterio de Rowe (1998) y Cayón *et al.* (2004) que caracterizan al clon 'FHIA-18' como el tipo de banano para consumo fresco resistente a enfermedades como la Sigatoka negra (SN). Por su parte, los resultados

Tabla 1. Respuesta de los clones de bananos ante la Sigatoka Negra

Clones	Floración			Cosecha	
	HMJM	NHFF	NHMF	NHFC	NHMC
FHIA-18	11,1 a	11,90 a	3,45 a	6,50 a	2,85 a
FHIA-01	11,8 a	11,70 ab	3,72 a	6,80 a	3,20 ab
FHIA-02	9,7 a	11,30 ab	3,42 a	6,10 a	3,40 ab
SH-3436 L-9	8,6 b	11,20 ab	4,50 b	5,00 b	3,90 b
FHIA-23	8,0 b	11,10 b	4,80 b	4,00 c	3,90 b
ES(±)	0,55	0,45	0,21	0,30	0,28

* Valores con letras diferentes difieren entre ellos (P < 0,05)

HMJM: Hoja más joven manchada,

NHFF: Número de hojas funcionales en el momento de la floración

NHMF: Número de hojas manchadas en el momento de la floración

NHFC: Número de hojas funcionales en el momento de la cosecha

NHMC: Número de hojas manchadas en el momento de la cosecha

en cuanto a la resistencia de los clones 'FHIA-01' y 'FHIA-02' con respecto a otros procedentes de la FHIA coinciden con los obtenidos anteriormente por Echeverry y Gómez (1998).

Para la variable Número de hojas por plantas en la etapa de floración el clon 'FHIA-23' presentó el menor número de hojas funcionales (NHFF) y el mayor número de hojas manchadas en la floración (NHMF) respecto al resto de los clones en este último parámetro sin diferencia estadística significativa con 'SH-3436 L-9'.

El 'FHIA-18' mostró el valor más alto en cuanto a hojas funcionales en la floración (NHFF) con 11,90 hojas y los valores más bajos de hojas manchadas en la floración (IHMF) sin diferencia significativa con 'FHIA-02' y 'FHIA-01' respectivamente. En todos los casos el número de hojas funcionales en la floración está por encima de ocho, que es el límite mínimo para un correcto desarrollo del fruto (Pérez, 1996).

Al evaluar el número de hojas funcionales en el momento de la cosecha (NHFC) se apreció que existe una diferencia entre los clones evaluados,

con el 'FHIA-23' que llega a la etapa con 4.00 hojas en la categoría de hojas funcionales (75 % sin manchas). El número de hojas funcionales y con manchas en el momento de la cosecha mostraron en este clon los valores más desfavorables con 4 y 3,90 hojas respectivamente, en este último parámetro sin diferir con 'SH-3436 L-9' en el que encontramos 3,90 hojas funcionales.

'FHIA-01' logró el mayor número hojas funcionales en la cosecha (NHFC) con 6,80 hojas, estos resultados se corroboran con los obtenidos por otros investigadores como Álvarez (1997); Echeverry y Gómez (1998) y Pérez (1998) los cuales reportaron valores de hojas funcionales similares en estos clones al momento de cosecha (seis y ocho hojas funcionales).

Para la variable de Tiempo de Incubación de la Enfermedad (PI) los valores más altos se aprecian en 'FHIA-01' con un intervalo de 41,5 días, sin diferencia significativa desde el punto de vista estadístico con 'FHIA-18' (Tabla 2). Sin embargo, el 'FHIA-23' en solo 33,25 días llegó a producir la incubación.

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

Clones	PI	TES		TDE		Categoría
		1er ciclo	2do ciclo	1er ciclo	2do ciclo	
FHIA-18	40,5a	118,2 a	111,2	159,6	143,9	AR
FHIA-01	41,5a	122,1 a	116,3	161,4	145,6	AR
FHIA-02	38,5ab	111,1 ab	98,6	148,5	128,2	R
SH 3436- L9	35,5bc	95,4 bc	79,1	123	101,8	R
FHIA-23	33,2c	80,6 c	71,2	104,5	89,8	MS
ES (+)	2,1	5,42	5,12	5,30	5,18	

Valores con letras diferentes difieren por Dunnett 'C' (P<0.05)

PI: Periodo de incubación

TES: Tiempo de evolución del síntoma

TDE: Tiempo de desarrollo de la enfermedad

Se ha comprobado, que la resistencia en muchos casos se explica por tener períodos de incubación y de desarrollo de la enfermedad mucho más prolongados, con relación a los clones conocidos como susceptibles a la enfermedad (Pérez et al., 2002).

En el Tiempo de Evolución del Síntoma (TES) el primer ciclo de los clones 'FHIA-02'; 'FHIA-18' y 'FHIA-01' se produjeron a los 111,1, 118,2 y

122,1 días respectivamente sin diferencia significativa entre ellos, estos resultados coinciden con los obtenidos por Pino (1996). Igual respuesta existió en el segundo ciclo aunque se redujeron la cantidad de días para cada uno.

Para producirse el desarrollo de la enfermedad (TDE) en el clon 'FHIA-18' en el primer ciclo tardó 159,6 días y 143,9 en el segundo, mientras en 'FHIA-01' tardó 161,4 días para el primer ciclo y 145,6 en el

segundo; mientras que 'FHIA-02' demoró 148,5 y 128,2 días respectivamente. 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, correspondiéndose estos resultados con lo observado por Hernández y Pérez (2001) para los clones 'FHIA-02', 'FHIA-18' y 'SH 3436- L9'.

El más afectado por la enfermedad resultó ser 'FHIA-23' sin diferencia estadística con 'SH-3436 L-9', lo que coincide en el Tiempo de Evolución del Síntoma (TES) y en el tiempo desarrollo de la enfermedad (TDE) para los dos ciclos.

Al clasificar los clones mediante la escala para medir

la resistencia (Pino, 1996) se obtuvo que 'FHIA-01' y 'FHIA-18' son altamente resistentes para las condiciones de la Granja Agroindustrial Marta Abreu con la hoja más joven manchada en 11,8 y 11,1 respectivamente, mientras que 'FHIA-23' se cataloga como medianamente susceptible.

El índice de severidad de la enfermedad en la floración, que expresa la magnitud del daño causado por la misma en el grupo de los bananos manifiesta la mayor afectación en 'FHIA-23', resultado que difiere significativamente con el resto de los clones evaluados. Sin embargo, en igual etapa fenológica 'FHIA-01', 'FHIA-20' y 'FHIA-18' mostraron los índices más bajos de infección sin diferencia significativa entre ellos (Figura 1)

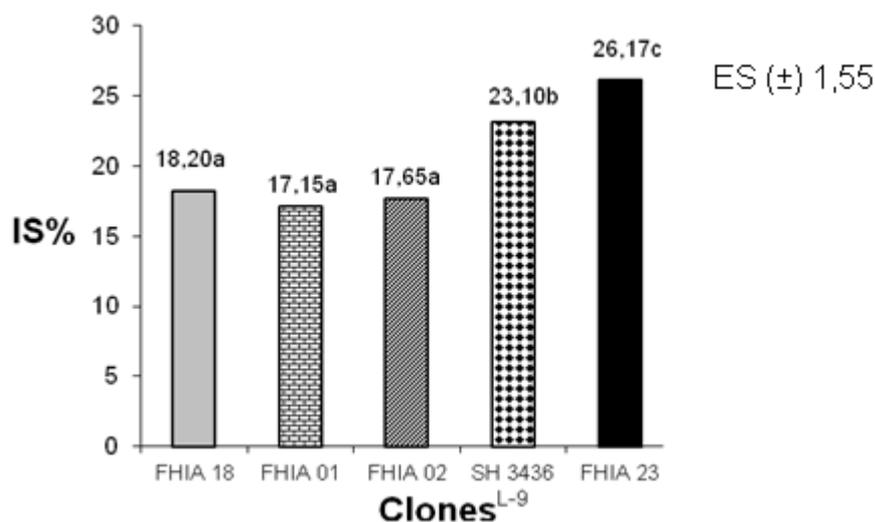


Figura 1. Índice de la severidad de enfermedad en los clones de bananos en la etapa floración
*Valores con letras desiguales difieren por Dunnett (P< 0.05)

Estos resultados corroboran los obtenidos por otros Romero y Sutton (1997) quienes han señalado la notable superioridad de estos clones ante la enfermedad producida por el patógeno *M. fijiensis*; además de señalar al respecto, el desconocimiento aún del mecanismo que provoca la resistencia al agente causal, no obstante, se lo adjudican a la combinación de factores morfológicos y fisiológicos observados en ellos, como la presencia de una baja densidad estomática (Meredith y Lawrence, 1970; Stover, 1980; Belarcazar *et al.*, 1991), al aumento de los dispositivos epicuticulares de cera en las hojas, y a la producción de fitoalexinas suberinas o ligninas.

Para la variable Índice relativo de infección por sigatoka negra (IRI) 'FHIA-23' y 'SH-3436 L-9'

presentaron los mayores valores con diferencias significativas entre sí y con respecto al resto de los clones evaluados (Tabla 4) debido a lo que presentan un mayor avance de los daños generados por la enfermedad por lo que es más alta la posibilidad, que en determinado momento se produzca una epifitotia.

CONCLUSIONES

1. Los clones de banano 'FHIA-18', 'FHIA-01' y 'FHIA-02' presentaron la hoja más joven manchada (HMJM) en las posiciones 11,1, 11,8 y 9,7; en el momento de la floración tenían 11,9, 11,7 y 11,3 hojas funcionales (NHFF), de las que 3,45, 3,72 y 3,42 estaban manchadas

Tabla 4. Índice relativo de hojas en la floración (IRHF) e Índice relativo de infección (IRI) en cada cultivar

Clones	IRHF	IRI
FHIA-18	1,84 a	0,81 a
FHIA-01	1,87 a	0,91 a
FHIA-02	1,86 a	1,05 a
SH-3436 L-9	2,25 a	1,75 b
FHIA-23	2,81 b	2,51 c
ES(±)	0,16	0,69

* Valores con letras diferentes difieren entre ellos (P<0,05)

IRHF: Índice relativo de hojas en la floración

IRI: Índice relativo de infección

(NHMF) respectivamente y en la cosecha tenían 6,50, 6,80 y 6,10 hojas funcionales (NHFC) con 2,85, 3,20 y 3,40 de ellas manchadas (NHMC), aunque no tuvieron diferencias estadísticas significativas entre ellos.

2. La respuesta de las variables relacionadas con la epifitología de la enfermedad estuvieron en dependencia de la susceptibilidad del genotipo.

3. Los clones 'FHIA-01' y 'FHIA-18' fueron los más resistentes a Sigatoka Negra, seguidos de 'FHIA-02' y 'SH-3436 L-9'.

BIBLIOGRAFÍA

1. Álvarez, J.: Introducción, evaluación, multiplicación y disseminación de los híbridos FHIA en Cuba. *INFOMUSA* 6(2): 10-14. 1997.

2. Batlle, A.; L. Pérez: Grupos de compatibilidad regulativa de las poblaciones de *Fusarium oxysporum Schlecht f sp cubense* (E. F. Smilh) Syd. and Hans presentes en Cuba. *INFOMUSA*. 8(1):18- 22. 1999.

3. Belalcázar, S.: El cultivo del plátano en el trópico: Manual de asistencia técnica No. 50. (S.L. Belalcázar, J.C. Toro & R. Jaramillo, eds). ICA, CIID, Comité de Cafetaleros de Colombia, INIBAP. Cali, Colombia. 1991. 376pp.

4. Echeverry, E.; L. E. Gómez: Evaluación de híbridos y clones de plátano y banano tolerantes a la Sigatoka negra en el Centro-Sur del departamento del Tolima, Colombia. *INFOMUSA* 7(2): 14-16. 1998.

5. FAO: Enfoque La agricultura orgánica. Informe presentado ante el Comité de Agricultura de la FAO (COAG). Roma. Italia.1999. p.25-29.

6. FAO: Producción de Banano Database results. 2004. En sitio web: <http://apps1.fao.org/copyright.htm>. Consultado el 25 de abril de 2004.

7. Fouré, E.: Les cercosporioses du bananier et leurs traitements: Etude de la sensibilité variétale des bananiers et des plantains á *M.fijiensis* Morelet au Gabon. *Fruits* 37(12):749-771. 1982.

8. Hernández, A.; L. Pérez: «Reaction of Banana and Plantain Cultivars to Black Sigatoka Disease Caused by *Mycosphaerella fijiensis*, Morelet. Epidemiological Components of the Resistance», *Fitosanidad* 5 (3): 9-15, 2001.

9. Meredith, D.S.; J.S. Lawrence:Black Leaf Streak of Bananas (*Mycosphaerella fijiensis*). Susceptibility of Cultivars. *Tropical Agriculture Trinidad*, 47: 275-287, 1970.

10. MINAGRI: Instructivo Técnico del cultivo del Plátano. INIVIT. Villa Clara. Cuba. 2008, 19 p. ISBN: 978-959-7210-15-3

11. Orjeda, G: Evaluación de la resistencia de los bananos a las enfermedades de Sigatoka y Marchitamiento por *Fusarium*. Guías técnicas INIBAP 3. INIBAP. Roma, Italia. 1998, 63 p. ISBN: 2-910810-28-3

12. Pérez, L.: Manual para el manejo integrado de Sigatoka negra (*Mycosphaerella ijiensis* Morelet) y Sigatoka amarilla (*Mycosphaerella musicola* Leach ex Mulder) en bananos y plátanos. Proyecto TCP/CUB/4454, 1996, 45p.

13. Pérez, L.: Black Sigatoka Disease Control in Banana and Plantains Plantations in Cuba. Management of the Disease Based on an Integrated Approach. *INFOMUSA*, 7 (1): 27-30, 1998.

14. Pérez, L.; J. Álvarez; M. Pérez: Economic impact and management of black leaf streak disease in Cuba. En: Jacome, L.; P. Leoviv; D. Marín; R. Ortiz; R. Romero y V. Escalant (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.

15. Pino, J.A.: Manejo sostenible para el combate de la Sigatoka negra. Informe de investigación. INIVIT. Cuba. 1996.

16. Romero, R.A.; T.B. Sutton: Characterization of benomyl resistance in *Mycosphaerella fijiensis*, cause of black Sigatoka of banana, in Costa Rica. *Plant Disease* 82, 931-934. 1997.

17. Rowe, P.R.: Latest developments in the FHIA banana and plantain breeding programme: Bred hybrids are now being grown commercially. Pp. 33-43 in *Memorias. Seminario Internacional sobre Producción de Plátano*. CORPOICA, Armenia, Colombia, 0377-9424. 1998

Recibido: 06/07/2013

Aceptado: 15/09/2014