

Filtrados de cultivo en las hojas del banano para la diferenciación de la resistencia a *Fusarium oxysporum* f. sp. *cupense* raza 1

Barbarita Companioni¹, Néstor Mora¹, Leyanes Díaz¹, Aurora Pérez¹, Mayda Arzola¹, P Espinosa¹, Martha Hernández¹, José de la Caridad Ventura², María Cristina Pérez³, Ramón Santos¹, José Carlos Lorenzo¹

¹Laboratorio de Mejoramiento Genético, Centro de Bioplantas, Universidad de Ciego de Ávila, Cuba
E-mail: bcompanioni@bioplantas.cu

²Instituto Nacional de Investigaciones en Viandas Tropicales, Santo Domingo, Villa Clara, Cuba

³GEPROP, Centro de Gerencia de Programas y Proyectos Priorizados, Ciudad de La Habana, Cuba

RESUMEN

En investigaciones previas se desarrolló un procedimiento para la diferenciación foliar de la resistencia y susceptibilidad de cultivares de banano a *Fusarium oxysporum* f. sp. *cupense* raza 1. En este estudio se incluyen evaluaciones de otros indicadores, tales como componentes bioquímicos. El análisis del discriminante para la diferenciación de la resistencia y susceptibilidad de cultivares de banano, utilizado en el programa de mejoramiento genético, constituye un aspecto novedoso en este trabajo. Tal estimación se realizó a partir de una matriz de datos que incluyó el efecto del filtrado del cultivo del hongo (área de la lesión y niveles de fenoles libres y ligados a las paredes celulares, aldehídos, excepto malondialdehído, y proteínas) en hojas de dieciocho cultivares. Tras el análisis discriminante, se obtuvieron dos funciones, una para los clones resistentes y otra para los susceptibles. Se evaluó cada planta de la matriz, según las funciones discriminantes y estas se clasificaron en resistentes o susceptibles al 94.4% de los casos (68 de 72 plantas). Por primera vez se propone un método para la diferenciación de la resistencia del banano a *Fusarium oxysporum* f. sp. *cupense* raza 1, mediante la aplicación de filtrados del cultivo del hongo en sus hojas. Este método constituye una herramienta útil para incrementar la eficiencia de la selección en condiciones *ex vitro*, sin tener en cuenta las condiciones ambientales ni la época del año favorables para el desarrollo de la enfermedad.

Introducción

Los bananos y plátanos (*Musa* spp.) están entre los cultivos más importantes en los países del trópico y el subtropical. En el mundo, estos ocupan el cuarto lugar en importancia después del arroz, el trigo y el maíz. La producción mundial en el año 2001 fue de 30.5 millones de toneladas [1]. Sin embargo, el crecimiento del comercio bananero está amenazado, en la mayoría de los países productores, por la enfermedad Mal de Panamá o fusariosis, causada por *Fusarium oxysporum* f. sp. *cupense* [2]. El control de esta enfermedad con el uso de agroquímicos resulta costoso y causa serios daños al medio ambiente. Por eso, se considera que el mejoramiento genético de la resistencia es la solución más adecuada. Los sistemas de selección de la resistencia a esta enfermedad en condiciones de campo son trabajosos, destructivos y consumen mucho tiempo [3]. En trabajos previos se desarrolló un procedimiento para la diferenciación de la susceptibilidad o resistencia del banano a *Fusarium oxysporum* f. sp. *cupense* raza 1 [4]. Este estudio tiene como objetivo monitorear algunos cambios bioquímicos que se producen en las hojas de bananos, aplicados con filtrados del cultivo de *Fusarium oxysporum* f. sp. *cupense* raza 1, y en desarrollar funciones discriminantes para la diferenciación de clones de bananos susceptibles y resistentes a este hongo.

Materiales y métodos

Se compararon dos clones de banano: Gros Michel y FHIA-01, a los que se les aplicó el filtrado del cultivo de *Fusarium oxysporum* f. sp. *cupense* raza 1, según Companioni y sus colaboradores [4]. A las 48 horas

de la aplicación, se colocaron en nitrógeno líquido para los posteriores análisis bioquímicos. El modelo matemático (funciones discriminantes) para diferenciar cultivares susceptibles y resistentes, se estimó en una segunda parte del trabajo. Tal estimación se realizó a partir de una matriz de datos que incluyó el efecto del filtrado del cultivo del hongo sobre hojas de dieciocho cultivares de banano (siete susceptibles y once resistentes). Se tomaron en cuenta cuatro plantas por clon. A cada planta se le tomaron dos hojas de mediana edad (hojas 3, 4, 5). Una de las hojas se aplicó con filtrado del cultivo del hongo y la otra, con medio de cultivo (testigo). Se incubaron durante 48 horas después de la aplicación. Luego, se evaluaron los siguientes indicadores: área de la lesión y niveles de fenoles (libres y ligados a las paredes celulares), aldehídos (excepto malondialdehído) y proteínas.

Resultados y discusión

En las figuras 1 a 6 aparecen los resultados del monitoreo de algunos indicadores bioquímicos evidenciados en las hojas de banano tratadas con filtrados del cultivo de *Fusarium oxysporum* f. sp. *cupense* raza 1. En comparación con las hojas tratadas con medio de cultivo sin inocular (tratamiento testigo), el filtrado del cultivo del hongo produjo lesiones elípticas en las hojas (figura 1) de ambos cultivares, aunque las lesiones mayores se observaron en el cultivar Gros Michel (susceptible), cuyas diferencias fueron significativas con respecto al cultivar FHIA-01 (resistente). El tratamiento con el filtrado del cultivo del hongo provocó una disminución en el contenido de fenoles libres en el cultivar FHIA-01 (figura 4a), e incrementó los niveles de proteínas (figura 6) en ambos cultivares.

1. FAO. Statistic Report 1999;12(34).

2. Ploetz RC. Banana diseases in the subtropics: a review of their importance, distribution and management. Acta Horticulturae 1997;490:263-76.

3. Daniells J, Davis D, Peterson R, Pegg K, Goldfinger. Not as resistant to sigatoka/yellow sigatoka as first thought. Infomusa 1995;4(1):6.

4. Companioni B, Arzola M, Rodríguez Y, Mosqueda M, Pérez MC, Borrás O, Lorenzo JC, Santos R. Use of *in vitro* culture-derived *Fusarium oxysporum* f. sp. *cupense* race 1 filtrates for rapid and non-destructive differentiation of field-grown banana resistant from susceptible clones. Euphytica 2003;130:341-7.

✉ Autor de correspondencia

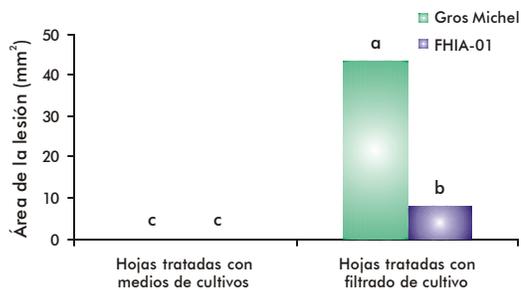


Figura 1. Efecto de la aplicación del filtrado del cultivo de *Fusarium oxysporum* f. sp. *cubense* raza 1 en hojas de banano. Medias con letras iguales no difieren estadísticamente (ANOVA, Tuckey, $p > 0.05$).

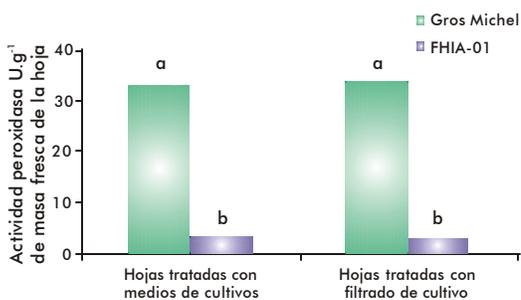


Figura 2. Efecto de la aplicación del filtrado del cultivo de *Fusarium oxysporum* f. sp. *cubense* raza 1 en la actividad peroxidasa en hojas de banano. Medias con letras iguales no difieren estadísticamente (ANOVA, Tuckey, $p > 0.05$).

En el cultivar resistente, el filtrado del cultivo del hongo incrementó el contenido de fenoles ligados a las paredes celulares (figura 4b) y el contenido de aldehídos (excepto malondialdehído, figura 5b), con marcadas diferencias con respecto al cultivar susceptible. Por el contrario, no se observaron diferencias significativas en los niveles de malondialdehído (figura 5a) ni en el contenido de clorofila b (figura 3b). Sin embargo, en los contenidos de pigmentos clorofílicos a y totales (figura 3a y 3c), y en la actividad peroxidasa (figura 2) se apreciaron diferencias marcadas entre los cultivares; no así entre las hojas tratadas con medio de cultivo y las hojas tratadas con filtrado de cultivo en cada cultivar evaluado. Solo los indicadores influenciados por el filtrado del cultivo del hongo, en un cultivar o en ambos, se incluyeron en el desarrollo de las funciones discriminantes.

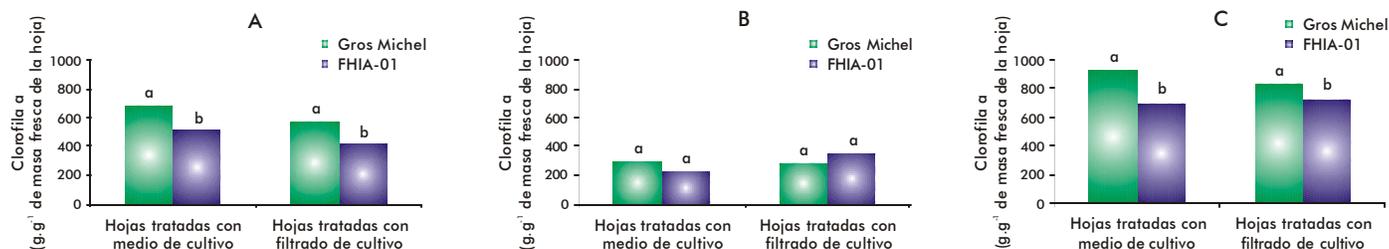


Figura 3. Efecto de la aplicación del filtrado del cultivo de *Fusarium oxysporum* f. sp. *cubense* raza 1 en el contenido clorofílico en hojas de banano. Clorofila a (A), clorofila b (B) y clorofilas totales (C). En cada figura, las medias con letras iguales no difieren estadísticamente (ANOVA, Tuckey, $p > 0.05$).

En este experimento se tuvieron en cuenta algunos indicadores bioquímicos que se consideran involucrados en el desarrollo de las enfermedades de los bananos. En las interacciones tomate-*Cladosporium fulvum* [5] y papa-*Phytophthora infestans* [6], se ha observado un incremento del contenido de proteínas. Las modificaciones en la actividad peroxidasa se han descrito en la interacción banano-*Fusarium oxysporum* f. sp. *cubense* [7] y en la interacción algodón-*Xanthomonas campestris* pv. *malvacearum* [8]. En estudios con hojas de pepino inoculadas con *Podosphaera fusca*, se observó un incremento significativo del contenido de fenoles a las 48 horas del proceso de inoculación, en comparación con el tratamiento control (plantas no inoculadas) [9]. Por otra parte, se realizaron filtrados del cultivo de *Lasiodiplodia theobromae*, que incrementaron el rango de respiración y los niveles de peroxidación lipídica y de ácido salicílico en plantas de *Brassica nigra*; aunque el incremento de los niveles de ácido salicílico se mantuvieron durante 1 hora de la interacción y más tarde disminuyeron [10]. Scarpari y sus colaboradores (2005) determinaron que la composición de malondialdehído cambió en los tejidos infectados con *Crinipellis pernicioso* [11], mientras que el contenido de clorofilas a y b fue inferior durante el desarrollo de la enfermedad.

Sin embargo, algunos de los indicadores bioquímicos evaluados no se afectaron por la aplicación del filtrado del cultivo del hongo *Fusarium oxysporum* f. sp. *cubense* raza 1 en las hojas de banano. Tal es el caso de la actividad peroxidasa (figura 2), los niveles de clorofilas (figura 3) y la composición de malondialdehído (figura 5a). Por supuesto, esto no significa que esos indicadores no estuvieran involucrados en la interacción banano-*Fusarium oxysporum* f. sp. *cubense* raza 1 en las hojas. Es importante señalar que las determinaciones bioquímicas se realizaron a las 48 horas de la aplicación del filtrado del cultivo del hongo en las hojas, y los indicadores bioquímicos que no variaron podrían haber cambiado antes o después de hacer las determinaciones bioquímicas. De igual modo, estos indicadores pudieran estar relacionados tanto con la respuesta defensiva de las plantas como con el desarrollo de la enfermedad. De cualquier modo, es útil a fin de establecer un procedimiento para la diferenciación de cultivares susceptibles y resistentes a este agente patógeno.

Al realizar el estudio de diferentes métodos de análisis multivariados, se determinó que el análisis discriminante era el más adecuado para separar cultivares resistentes y susceptibles a *Fusarium oxysporum* f. sp. *cubense* raza 1. Las funciones discriminantes aparecen en la figura

5. Laugé R, Paul HG, de Wit Pierre JGM, Matthieu HAJJ. Specific HR-associated recognition of secreted proteins from *Cladosporium fulvum* occurs in both host and non-host plants. *The Plant Journal* 2000;23(6):735-45.

6. Kombrink E, Schmelzer E. The hypersensitive response and its role in local and systemic disease resistance. *Plant Pathology* 2001;107:69-78.

7. Aguilar EA, Turner DW, Sivasithamparam K. Mecanismos propuestos acerca de la predisposición de los bananos Cavendish al marchitamiento por *Fusarium* durante la hipoxia. *Infomusa* 2000;9(2):9-13.

8. Delannoy E, Jallouf A, Assigbetse K, Marmey P, Geiger JP, Lherminier J, Daniel JF, Martínez C, Nicole M. Activity of class III peroxidases in the defense of cotton to bacterial blight. *Mol Plant Microbe Interact* 2003;16(11):1030-8.

9. Zavareh AH, Tehrani AS, Mohammadi M. Changes in specific activities of peroxidase, chitinase and phenylalanine ammonia-lyase and phenolic content in cucumber leaves inoculated with *Podosphaera fusca*, the causal agent of powdery mildew. *Commun Agric Appl Biol Sci* 2004;69(4):545-53.

10. Thakkar VR, Subramanian RB, Kothari IL. Culture filtrate of *Lasiodiplodia theobromae* restricts the development of natural resistance in *Brassica nigra* plants. *Indian J Exp Biol* 2004;42(1):111-4.

11. Scarpari LM, Meinhardt LW, Mazzafera P, Pomella AW, Schiavinato MA, Cascardo JCM, Pereira GAG. Biochemical changes during the development of witches' broom: the most important disease of cocoa in Brazil caused by *Crinipellis pernicioso*. *Journal of Experimental Botany* 2005;56(413):865-77.

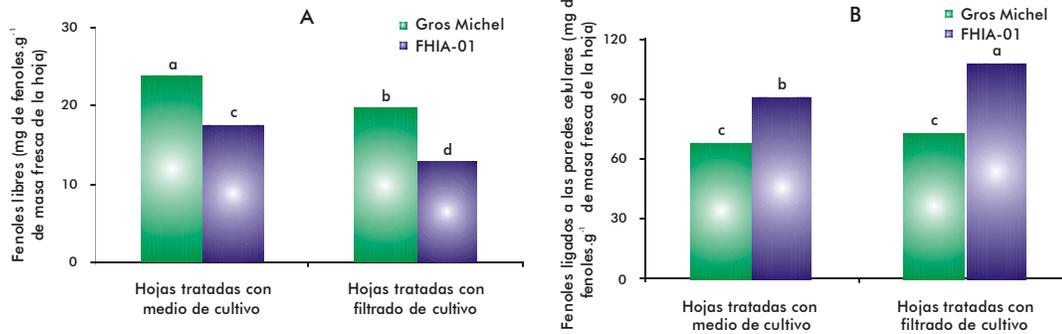


Figura 4. Efecto de la aplicación del filtrado del cultivo de *Fusarium oxysporum* f. sp. *cubense* raza 1, en el contenido de fenoles libres (A) y ligados a las paredes celulares (B) en hojas de banana. En cada figura, las medias con letras iguales no difieren estadísticamente (ANOVA, Tuckey, $p > 0.05$).

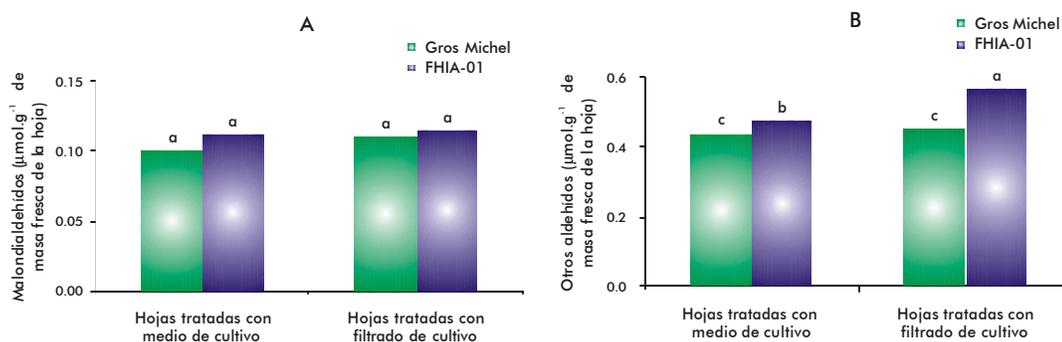


Figura 5. Efecto de la aplicación del filtrado del cultivo de *Fusarium oxysporum* f. sp. *cubense* raza 1, en el contenido de malondialdehído (A) y otros aldehídos (B) en hojas de banana. En cada figura, las medias con letras iguales no difieren estadísticamente (ANOVA, Tuckey, $p > 0.05$).

7. La evaluación de las 72 plantas de la matriz original en las funciones discriminantes (tabla 1), se realizó para probar si estaban correctamente clasificadas en resistentes o susceptibles. Las funciones clasificaron correctamente al 94.4% (68 plantas de 72) del grupo original de plantas. El análisis del discriminante para diferenciar cultivares resistentes y susceptibles constituye un nuevo elemento en este estudio. Además, se demostró que la resistencia al Mal de Panamá puede ser también diferenciada en las hojas. El método propuesto permite realizar la selección en fragmentos de hojas de plantas con ocho a nueve meses de edad. El filtrado del cultivo del hongo y el medio de cultivo sin inocular (testigo) se aplican a hojas cuya resistencia o susceptibilidad está en estudio. Se realizan tres repeticiones como mínimo y se incluyen clones testigos, cuya resistencia o susceptibilidad es bien conocida. Después de 48 horas, se evalúa el área de las lesiones, y los niveles de aldehídos (excepto malondialdehído), de fenoles libres y ligados a las paredes celulares, y los niveles de proteínas.

Estos datos se evalúan en ambas funciones discriminantes (figura 7). Posteriormente, se aplica la prueba t-test para comparar los resultados de cada función discriminante. Si el valor resultante en la función discriminante para clones resistentes es significativamente mayor que el valor resultante en la función discriminante para clones susceptibles, entonces el nuevo genotipo en estudio puede considerarse resistente.

Al realizar un análisis entre el método de selección propuesto en esta investigación y los métodos de selección que hasta el momento se han desarrollado para la resistencia del banana al *Fusarium oxysporum* f. sp. *cubense* [12-20], se determinó que era mucho más fácil el trabajo de selección con filtrados del cultivo del hongo. También contribuyó la disminución del espacio requerido para efectuar la selección, así como la reducción del tiempo de respuesta necesario para conocer si una planta es resistente o susceptible.

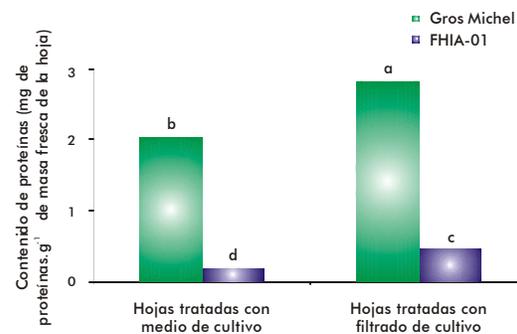


Figura 6. Efecto de la aplicación del filtrado del cultivo de *Fusarium oxysporum* f. sp. *cubense* raza 1 en el contenido de proteínas en hojas de banana. Las medias con letras iguales no difieren estadísticamente (ANOVA, Tuckey, $p > 0.05$).

12. Vakili NG. *Fusarium* wilt resistance in seedlings and mature plants of *Musa* species. *Phytopatology* 1965;55:135-40.

13. Shepherd K, Lacy DS. Resistance of mature banana plants and seedlings to *Fusarium* wilt in Jamaica. First International Congress of Plant Pathology, Abstracts. Londres, 1968:181.

14. Menéndez T, Shepherd K. Breeding new bananas. *World Crops* (Inglaterra) May-June, 1975:104-12.

Tabla 1. Clasificación de clones de banano en susceptibles o resistentes a partir de las funciones discriminantes en campo cono cidas
Resultados de las funciones discriminantes^a

Clasificación del clon en campo	Clon	Planta	Para clones susceptibles	Para clones resistentes	Clasificación según las funciones discriminantes		
					Susceptible	Clasificación correcta	
Susceptible	Gros Michel	1	49.255 a	48.127 b	Susceptible	Clasificación correcta	
		2	46.442 a	40.972 b	Susceptible	Clasificación correcta	
		3	29.371 a	29.838 a	Clasificación no definida porque la prueba t-test no encontró diferencias significativas.		
	Manzano Criollo	4	30.562 a	27.166 b	Susceptible	Clasificación correcta	
		1	45.230 a	37.693 b	Susceptible	Clasificación correcta	
		2	52.264 a	49.155 b	Susceptible	Clasificación correcta	
		3	47.510 a	43.416 b	Susceptible	Clasificación correcta	
	Manzano Acuña	4	42.704 a	36.236 b	Susceptible	Clasificación correcta	
		1	57.353 a	47.340 b	Susceptible	Clasificación correcta	
		2	41.076 a	40.217 b	Susceptible	Clasificación correcta	
		3	62.095 a	54.015 b	Susceptible	Clasificación correcta	
	Pisang Mas	4	41.543 a	34.835 b	Susceptible	Clasificación correcta	
		1	51.796 a	46.615 b	Susceptible	Clasificación correcta	
		2	47.067 a	43.117 b	Susceptible	Clasificación correcta	
		3	60.945 a	56.036 b	Susceptible	Clasificación correcta	
	Pisang Lilin	4	73.495 a	53.789 b	Susceptible	Clasificación correcta	
		1	56.411 a	54.260 b	Susceptible	Clasificación correcta	
		2	47.740 a	41.101 b	Susceptible	Clasificación correcta	
		3	61.562 a	58.245 b	Susceptible	Clasificación correcta	
	Paka	4	52.362 a	41.587 b	Susceptible	Clasificación correcta	
		1	43.723 a	38.682 b	Susceptible	Clasificación correcta	
		2	54.624 a	47.153 b	Susceptible	Clasificación correcta	
		3	57.311 a	48.312 b	Susceptible	Clasificación correcta	
	Yangambi Km 5	4	43.503 a	41.334 b	Susceptible	Clasificación correcta	
		1	48.345 a	44.157 b	Susceptible	Clasificación correcta	
		2	46.327 a	40.632 b	Susceptible	Clasificación correcta	
		3	39.421 a	30.758 b	Susceptible	Clasificación correcta	
	Resistente	Bluggoe	4	40.362 a	37.146 b	Susceptible	Clasificación correcta
			1	42.762 b	52.372 a	Resistente	Clasificación correcta
			2	44.088 b	49.330 a	Resistente	Clasificación correcta
			3	25.221 b	29.812 a	Resistente	Clasificación correcta
		Gran Enano	4	20.186 b	32.742 a	Resistente	Clasificación correcta
			1	20.958 b	22.474 a	Resistente	Clasificación correcta
			2	41.059 b	41.210 a	Resistente	Clasificación correcta
			3	27.125 b	31.802 a	Resistente	Clasificación correcta
		Burro Criollo	4	9.197 b	12.842 a	Resistente	Clasificación correcta
1			58.631 b	62.871 a	Resistente	Clasificación correcta	
2			39.397 b	48.715 a	Resistente	Clasificación correcta	
3			46.264 b	49.409 a	Resistente	Clasificación correcta	
Pelipita	4	49.593 b	54.221 a	Resistente	Clasificación correcta		
	1	46.482 b	51.774 a	Resistente	Clasificación correcta		
	2	29.125 b	36.221 a	Resistente	Clasificación correcta		
	3	44.132 a	37.489 b	Susceptible	Clasificación incorrecta		
Pisang ja ri buaya	4	34.536 a	30.529 b	Susceptible	Clasificación incorrecta		
	1	30.756 b	34.672 a	Resistente	Clasificación correcta		
	2	51.017 b	54.322 a	Resistente	Clasificación correcta		
	3	25.156 b	32.811 a	Resistente	Clasificación correcta		
FHIA-01	4	12.277 b	15.972 a	Resistente	Clasificación correcta		
	1	46.482 b	51.774 a	Resistente	Clasificación correcta		
	2	29.125 b	36.221 a	Resistente	Clasificación correcta		
	3	46.142 b	46.329 a	Resistente	Clasificación correcta		
FHIA-02	4	24.516 b	28.619 a	Resistente	Clasificación correcta		
	1	45.380 b	50.077 a	Resistente	Clasificación correcta		
	2	30.125 b	33.201 a	Resistente	Clasificación correcta		
	3	46.602 b	57.429 a	Resistente	Clasificación correcta		
FHIA-03	4	30.536 b	34.529 a	Resistente	Clasificación correcta		
	1	57.561 b	64.001 a	Resistente	Clasificación correcta		
	2	36.115 b	47.535 a	Resistente	Clasificación correcta		
	3	43.364 b	47.308 a	Resistente	Clasificación correcta		
FHIA-04	4	47.303 b	53.625 a	Resistente	Clasificación correcta		
	1	40.546 b	54.372 a	Resistente	Clasificación correcta		
	2	52.011 b	56.722 a	Resistente	Clasificación correcta		
	3	20.156 b	32.081 a	Resistente	Clasificación correcta		
FHIA-18	4	9.871 b	12.732 a	Resistente	Clasificación correcta		
	1	78.711 a	64.470 b	Susceptible	Clasificación incorrecta		
	2	40.457 b	46.716 a	Resistente	Clasificación correcta		
	3	36.744 b	45.409 a	Resistente	Clasificación correcta		
FHIA-21	4	45.783 b	49.332 a	Resistente	Clasificación correcta		
	1	62.401 b	66.471 a	Resistente	Clasificación correcta		
	2	33.045 b	40.316 a	Resistente	Clasificación correcta		
	3	35.223 b	44.309 a	Resistente	Clasificación correcta		
		4	31.683 b	41.022 a	Resistente	Clasificación correcta	

^a En cada planta, las medias con letras iguales no difieren estadísticamente (t-test, $p > 0.05$).

Además, el método propuesto contrarresta una de las desventajas que se presentan en las evaluaciones de la resistencia a este agente patógeno. Este método no se realiza en condiciones *ex vitro*, pues estas no son efectivas, debido al bajo período de infección y al difícil control de la distribución de la concentración del inóculo [21].

Conclusiones

1. La resistencia o susceptibilidad del banano al *Fusarium oxysporum* f. sp. *cubense* raza I puede diferenciarse en sus hojas con el uso de filtrados del cultivo del hongo.
2. A las 48 horas de la aplicación del filtrado del cultivo del hongo en las hojas de banano, los

15. Hwang SC. Cultivation of banana using plantlets from meristem cultures. HortScience 1984;19:231-3.

16. Sun ES, Su HJ. Rapid method for determining differential pathogenicity of *Fusarium oxysporum* f. sp. *cubense* using banana plantlets. Trop Agric 1984; 61:7-8.

Función para clones susceptibles	S: 11.87 a + 66.73 b + 24.60 c + 13.47 d + 0.09 e + 51.60 f + 20.39 g - 16.85 h + 11.20 i - 11.13 j - 49.20
Función para clones resistentes	R: 18.94 a + 42.84 b + 7.45 c + 19.58 d + 3.84 e + 45.72 f + 15.79 g - 5.11 h - 2.31 i + 0.21 j - 41.55

Leyenda (Las fracciones a la derecha corresponden al recíproco del valor mayor. Estas son constantes en las funciones discriminantes):

- a= Área de la lesión de hojas tratadas con medio de cultivo sin inocular (mm²)* 1/1.22 mm²
b= Área de la lesión de hojas tratadas con filtrado del cultivo del hongo (mm²)* 1/48.84 mm²
c= Contenido de fenoles libres en hojas tratadas con medio de cultivo sin inocular (mg.g⁻¹ de masa fresca de la hoja)* 1/43.13 mg de fenoles.g⁻¹ de masa fresca de la hoja
d= Contenido de fenoles libres en hojas tratadas con medio de cultivo del hongo(mg.g⁻¹ de masa fresca de la hoja)* 1/27.51mg de fenoles.g⁻¹ de masa fresca de la hoja
e= Contenido de fenoles ligados a las paredes celulares en hojas tratadas con medio de cultivo sin inocular (mg.g⁻¹ de masa fresca de la hoja)* 1/118.51 mg.g⁻¹ de masa fresca de la hoja
f= Contenido de fenoles ligados a las paredes celulares en hojas tratadas con filtrado del cultivo del hongo (mg.g⁻¹ de masa fresca de la hoja)* 1/103.73 mg.g⁻¹ de masa fresca de la hoja
g= Contenido de aldehídos (excepto malondialdehído) en hojas tratadas con medio de cultivo sin inocular (mol.g⁻¹ de masa fresca de hoja)* 1/1.06 mol.g⁻¹ de masa fresca de hoja
h= Contenido de aldehídos (excepto malondialdehído) en hojas tratadas con filtrado del cultivo del hongo (mol.g⁻¹ de masa fresca de hoja)* 1/0.83 mol.g⁻¹ de masa fresca de hoja
i= Contenido de proteínas en hojas tratadas con medio de cultivo sin inocular (mg de proteínas.g⁻¹ de masa fresca de hoja)* 1/5.88 mg.g⁻¹ de masa fresca de hoja
j= Contenido de proteínas en hojas tratadas con filtrado del cultivo del hongo (mg de proteínas.g⁻¹ de masa fresca de hoja)* 1/4.85 mg.g⁻¹ de masa fresca de hoja

Figura 7. Funciones discriminantes para diferenciar clones de banano resistentes y susceptibles al *Fusarium oxysporum* f. sp. *cabense* raza 1.

metabolitos del hongo causaron variaciones en los niveles de fenoles libres y ligados a las paredes celulares, aldehídos y proteínas totales. No ocurre así con la actividad peroxidasa, y los contenidos de clorofilas y malondialdehído.

3. Se obtuvieron dos funciones: una para los clones resistentes y otra para los susceptibles. Con ellas se pueden clasificar los clones de banano en resistentes o susceptibles, de una forma rápida y no destructiva.

Agradecimientos

Se agradece a la Fundación Internacional para la Ciencia, de Suecia, y al Ministerio de Ciencia y Tecnología, de Cuba, por el financiamiento para hacer posible el desarrollo de esta investigación. También, al Laboratorio de Mejoramiento Genético del Instituto Nacional de Investigaciones en Viandas Tropicales (Santo Domingo, Villa Clara), por proporcionar el material vegetal.

17. Novak FJ, Brunner H, Afza R, Morpurgo R, Upadhyay RK, Van Duren M, Sacchi M, Hawa JS, Khatri A, Kahl G, Kaemmer D, Ramser J, Weising K. Improvement of *Musa* through biotechnology and mutation breeding. En: INIBAP (ed.). Proceeding of the workshop on "Biotechnology applications for banana and plantain improvement". San Jose. Costa Rica. Montpellier. France, 1992:143-58.

18. Mendes BMJ, Rodríguez BIP, Tulmann A. Effect of toxic filtrate of *Fusarium oxysporum* f. sp. *cabense* on the development of banana (*Musa* spp.) shoot tips. Fitopatología Brasileira

1993;18(6):44-9.

19. Bermúdez I, Herrera L, Orellana P, Veitia N, Romero C, Clavelo J, García L, Acosta M, Padrón Y. Estudio en condiciones de campo de poblaciones de los clones de banano Manzano (AAB) y Gros Michel (AAA) para la selección de plantas con posible resistencia al Mal de Panamá. Infomusa 2002;11(2):7-8.

20. Carlier J, De Waele D, Escalant JV. Evaluación global de la resistencia de los bananos al marchitamiento por *Fusarium*, enfermedades de las manchas foliares

causadas por *Mycosphaerella* y nemátodos. Evaluación de comportamiento. En: Vecina A, Picq C (eds.). Guías técnicas INIBAP 7. Red Internacional para el Mejoramiento del Banano y el Plátano Montpellier. Francia; 2003:5-14.

21. Matos APD, Silva SO, Trindade AV, Ferreira DMV. Research on *Fusarium* wilt of banana in Brazil: Achievements and current status. En: A. B. Molina; N. H. Nik; K. W. Liew (ed.). Banana *Fusarium* wilt management: Towards sustainable cultivation, INIBAP, Asia and Pacific Network, Los Banos 2001; 1999:95-102.