

**APLICACIÓN DE INDUCTORES DE RESISTENCIA ABIÓTICOS EN BANANO PARA EL CONTROL DE *FUSARIUM SP***  
***ABIOTIC APPLICATION OF INDUCTORS OF RESISTANCE IN BANANA FOR *FUSARIUM SP. CONTROL****

**Autores:** Nury Pérez Valdés<sup>1</sup>

Analesa Skeete<sup>2</sup>

Danay Rodríguez-Ramos<sup>1</sup>

Barbarita Companioni<sup>2</sup>

Javier Agustín González García<sup>1</sup>

**Institución:** <sup>1</sup>Centro de Investigaciones de Bioalimentos, Cuba

<sup>2</sup>Universidad de Ciego de Ávila Máximo Gómez Báez, Cuba

**Correo electrónico:** [nury@cibacav.cu](mailto:nury@cibacav.cu)

**RESUMEN**

El trabajo se desarrolló en el Centro de Bioplantas con el objetivo de determinar el efecto de la aplicación del inductor abiótico (Bion 50 SC (acibenzolar-S-metil)) en plántulas del cultivar Gros Michel inoculadas con *Fusarium oxysporum* f. sp. *cubense* raza 1 en condiciones controladas. Se probaron diferentes dosis y formas de aplicación del producto. Los resultados alcanzados en este experimento demostraron que no existieron diferencias significativas en la interacción de los factores evaluados, a los 5 días después de la aplicación del producto se observó síntomas de fitotoxicidad en las diferentes dosis probadas, que se manifestaron como amarillamiento de las hojas. A los 30 días se observó que no hubo incremento de masa en las plántulas tratadas con las diferentes dosis del producto. Mientras, que en el tratamiento testigo se observó un incremento de la masa.

**Palabras clave:** Acibenzolar-S-metil, Banano, Inducción de resistencia, Mal de Panamá.

## ABSTRACT

The work was developed in bioplasmas's center with aim of determine the effect of application of the abiotic inducer (Bion 50 SC (acibenzolar-S-metil)) on seedling of cultivar Gros Mitchel inoculated with *Fusarium oxysporum* f. sp. cubense race one under controlled conditions. Different doses and forms of application of the product were tested. The results achieved in this experiment showed that there were no significant differences in the interaction of the evaluated factors. Five days after the application of the product, symptoms of phytotoxicity were observed in the different doses tested, which manifested as yellowing of the leaves. After 30 days, it was observed that there was no increase in the mass [RRS1] in the seedlings treated with the different doses of the product. Meanwhile, in the control treatment an increase in mass was observed.

**Keywords:** Acibenzolar-S-metil, Panama disease, Resistance induction, Boost 50 SC, Banana.

## INTRODUCCIÓN

El Mal de Panamá o Fusariosis del banano causada por *Fusarium oxysporum* f. sp. *cubense* representa la segunda enfermedad de importancia económica en el género *Musa*. Está considerada entre las diez enfermedades más importantes en la agricultura (Pocasangre y Pérez, 2009). La aparición de la raza tropical 4 (GCV 01213-01216) del hongo, que ataca severamente a los cultivares del subgrupo Cavendish, representa una seria amenaza para la industria bananera en América Latina y el Caribe (Masdek *et al.*, 2003; Pocasangre y Pérez, 2009) y (Ploetz *et al.*, 2015).

En la actualidad no existe control químico sostenible para esta enfermedad. Los métodos de manejo más utilizados son: las siembras anuales escalonadas; la búsqueda de tierras vírgenes libres del patógeno; uso de materia orgánica que permite estimular e incrementar las poblaciones de microorganismos benéficos y con ello competir con el patógeno y finalmente lograr un grado de supresión de la enfermedad. También el uso del biocontrol. Pero estos métodos sólo permiten trabajar estos cultivares susceptibles por períodos cortos, dado a que el hongo vuelve a devastar las plantaciones.

Por tal motivo existe un consenso general de que la única forma de control efectiva para esta enfermedad es la resistencia del hospedero (Pérez, 2004; Van den Berg *et al.*, 2007; Wu *et al.*, 2010). Se han desarrollado productos que inducen a la planta a activar sus mecanismos de defensa contra las enfermedades. Algunos de estos productos se han comercializado. Entre ellos están el acibenzolar-S-metil, la menadiona bisulfito de sodio y los fosfitos (Borges *et al.*, 2004; Méndez *et al.* 2010). (Smith-Becker *et al.*, 2003, Peteira *et al.*, 2008; Méndez *et al.*, 2010; Shahini *et al.*, 2010) demostraron que el producto Bion 50 SC (acibenzolar-S-metil) induce resistencia sistémica en numerosos hospedantes frente a un amplio rango de patógenos. La presente investigación se desarrolló con el objetivo de determinar el efecto de la aplicación del producto Bion 50 SC en plántulas de cultivar Gros Michel (grupo AAA, susceptible) inoculadas con *Fusarium oxysporum* f. sp. *cubense* raza 1 en condiciones controladas.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El presente trabajo se desarrolló en el Laboratorio de Interacción Planta - Patógeno del Centro de Bioplasmas, de la Universidad de Ciego de Ávila Máximo Gómez Báez (UNICA) y la aclimatización en el área del Centro de Biofábrica de Ciego de Ávila.

El cultivar de banano utilizado se clasificó previamente en susceptible a *Fusarium oxysporum* f. sp. *cubense* raza 1 en el Banco de Germoplasma de Banano del Instituto Nacional de Investigaciones en Viandas Tropicales (INIVIT) de Santo Domingo, Villa Clara, por Rodríguez *et al.*, (1991), Companioni *et al.*, (2004).

El aislamiento de *Fusarium oxysporum* f. sp. *cubense* raza 1 perteneciente al grupo de compatibilidad vegetativa (GCV) 01210 fue realizado a partir de la corteza exterior y del cilindro central de plantas enfermas del cultivar Gros Michel (grupo AAA, susceptible) del Banco de Germoplasma de Banano del INIVIT. La patogenicidad del aislado se comprobó en plantas cultivadas en campo según (Sun y Su 1984). La identificación de la raza y el grupo de compatibilidad vegetativa del aislado se realizó por especialistas del Instituto de Investigaciones de Sanidad Vegetal (INISAV).

Las plántulas enraizadas provenientes del cultivo de tejidos fueron sembradas en bolsas de polietileno que contenían 82 cm<sup>3</sup> de suelo ferralítico rojo y cachaza (1:1; v: v).

El sustrato utilizado fue previamente esterilizado en autoclave (SAKURA) a 121 °C antes de la siembra de las plántulas. Las labores agrotécnicas al cultivo se realizaron según el Instructivo Técnico del Plátano del Ministerio de la Agricultura de Cuba (2002). Durante este período no se aplicó ningún producto químico a las plántulas, cuando estas alcanzaron 30 cm de altura fueron trasplantadas e inoculadas con el hongo en nuevas bolsas de polietileno que contenían sustrato inoculado previamente con una suspensión de esporas de  $3 \times 10^5$  conidios/ml del hongo. Las plántulas fueron inoculadas a través del bioensayo de cortes de raíces (1cm x 1cm), sumergiéndose las mismas en una suspensión de esporas de  $8 \times 10^5$  conidios/ml durante 15 minutos. Después de este tiempo se sembraron en las bolsas de polietileno que contenían sustrato inoculado como se describió con anterioridad.

A las plántulas del cultivar Gros Michel inoculadas con el hongo se les aplicó el producto Bion 50 SC (de la firma BAYER) después de sembradas. El producto se mezcló con aceite agrícola (derivado del petróleo) y emulsificante en una proporción de 1x1 de agua y aceite agrícola más 1% de emulsificante. Se probaron diferentes formas de aplicación del producto. Estas fueron: aspersion al follaje y al suelo alrededor de las plantas. A las plántulas testigo se aplicó sólo agua. Las dosis utilizadas para la aplicación del producto fueron: 0; 20 y 40 g de i.a/ha según (Corrales *et al.*, 2002) y se emplearon 10 plántulas por tratamiento. Al cabo de los 30 días de montado el experimento, se realizaron las siguientes determinaciones: incremento de la masa fresca (g), número de hojas necrosadas, número de hojas amarillas, valores de supervivencia y severidad de la enfermedad. Se realizaron lecturas de temperatura y humedad relativa durante los 30 días (Figura 3A y B).

Para observar la infección en las plantas por el hongo se realizaron cortes transversales del tallo, cerca de la base de la planta infectada, para observar un anillo de color café en el área de los haces vasculares y el avance de la decoloración hacia la parte superior de la planta lo que depende de la severidad de la enfermedad elementos que, según Agrios, (2005) son característicos de la invasión del patógeno al hospedante.

En el procesamiento estadístico de los datos se utilizó el utilitario *Statistical Package for Social Sciences* (SPSS para Windows, versión 11.5, Copyright SPSS Inc., 1989-1997).

Se realizaron pruebas paramétricas: ANOVA y Tukey. La probabilidad máxima de cometer error de tipo I fue 0.05.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Efecto de diferentes dosis y formas de aplicación del producto inductor en plántulas del cultivar Gros Michel inoculadas con *Fusarium oxysporum* f. sp. *cubense* raza 1 en condiciones controladas.

El efecto de diferentes dosis y formas de aplicación del producto inductor en plántulas de banano inoculadas con el hongo se muestran de las figuras 1. Los resultados alcanzados en este experimento demostraron que no existieron diferencias significativas en la interacción de los factores evaluados (dosis y formas de aplicación). En la figura 1 se muestra que a partir de los 5 días después de la aplicación de la mezcla del producto inductor aparecen síntomas de fitotoxicidad, los cuales se manifestaron en el amarillamiento de las hojas y en estados más avanzados (después de 30 días) se observaron quemaduras en las hojas.

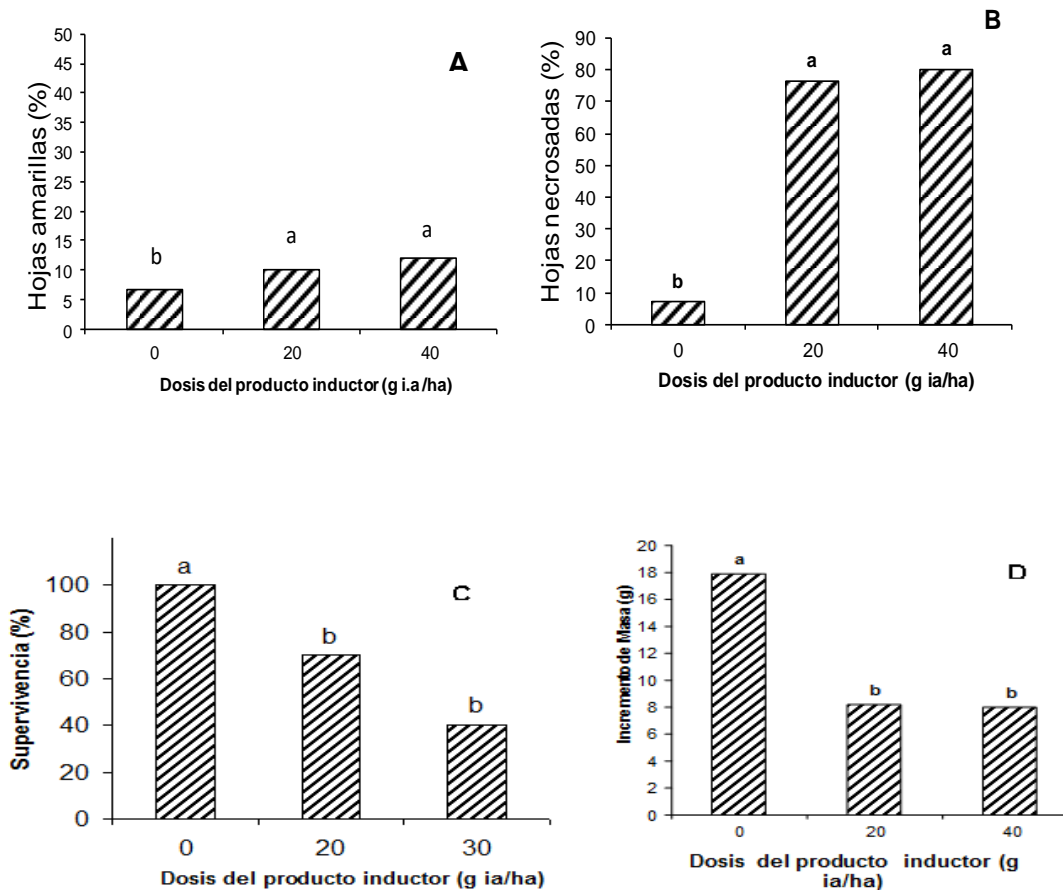
Plántulas a los 5 días después de la aplicación del producto inductor.

Plántulas a los 30 días después de la aplicación del producto inductor.



Figura 1. Presencia de síntomas de fitotoxicidad a los 5 y 30 días después de la aplicación del producto Bion 50 SC, en plántulas de banano inoculadas con *Fusarium oxysporum* f. sp. *cubense* raza 1.

Después de los 30 días del proceso de inoculación y aplicación de la mezcla del producto inductor se obtuvieron los mayores valores en los parámetros número de hojas amarillas y necrosadas en las diferentes dosis probadas (20 y 40 g i.a/ha) con diferencias estadísticas significativas con respecto al tratamiento control (0 g i.a/ha). Los resultados mostrados en la figura 2 (A y B) parecen corresponder con la presencia de los síntomas de fitotoxicidad en las hojas de las plántulas de banano en las diferentes dosis probadas. Lográndose los mayores valores de supervivencia en el tratamiento control con diferencias significativas marcadas con respecto a los restantes tratamientos (figura 2 C). Mientras que el incremento de la masa fresca de las plántulas mostró resultados similares, los mayores valores en el incremento de la masa fresca se manifestaron en el tratamiento control con marcadas diferencias con los restantes tratamientos (figura 2 D).



*Figura 2. Efecto de la aplicación del producto BION 50 SC en plántulas de banano inoculadas con Fusarium oxysporum f. sp. cubense raza 1. Hojas amarillas (A), hojas necrosadas (B), supervivencia (C), incremento de la masa fresca (D). Medias con letras iguales no difieren estadísticamente (ANOVA, Tuckey,  $p>0.05$ ).*

Poole *et. al.*, (2012) planteó que el aceite agrícola derivado de la industria petrolera en Cuba constituye un excelente penetrante, razón por la cual puede causar fitotoxicidad (daño tisular).

Beckman, (1987) brindó un conjunto de análisis acerca de los procesos por los cuales los patógenos vasculares como *Fusarium oxysporum f. sp. cubense* están latentes en el suelo y son estimulados para crecer, penetrar y causar la enfermedad en las plantas. El hongo después de hacer contacto con la raíz, penetra y establece una relación de parasitismo intercelular en la corteza de la misma. La punta de la raíz parece ser un sitio común inicial de la penetración. Esta fase cortical del proceso de infección puede terminar y no progresar a menos que la planta sea altamente susceptible o sea predispuesta por un estrés ambiental. No hay síntomas visibles de la enfermedad durante este período de parasitismo. El hongo coloniza y obstruye el xilema de la planta de banano. Tal colonización provoca que el tejido vascular de las vainas externas se torne rojizo-marrón. En estados avanzados de la enfermedad, el enrojecimiento puede llegar al tejido vascular de las vainas internas (Ploetz *et al.*, 2015).

En el rizoma, la decoloración vascular es más pronunciada en el área de densa vascularización donde la estela o cilindro central se une a la corteza.

Entre la infección inicial por el hongo y los síntomas externos transcurre un tiempo en que el limbo de las hojas se torna amarillo brillante, y se marchita o colapsa alrededor del pseudotallo. Sin embargo, el pseudotallo permanece erecto por uno o dos meses hasta que se pudre y se seca (Ploetz y Pegg, 1999; Dong *et al.*, 2014).

Agrios (2005) planteó que en cortes transversales al pseudotallo, cerca de la base de la planta infectada debe observarse un anillo de color café en el área de los haces vasculares y el avance de la decoloración hacia la parte superior de la planta dependiendo de la severidad de la enfermedad. Después de realizar cortes



transversales y longitudinales en las plántulas inoculadas con el hongo y a los 30 días de la aplicación del producto Bion 50 SC, no se observaron los síntomas internos descritos anteriormente.

La temperatura y humedad relativa son unos de los principales factores que determinan el crecimiento y desarrollo de los hongos. La mayoría de ellos son capaces de crecer en el intervalo de temperaturas que varían entre 5 y 35° C, con un intervalo óptimo entre 20 y 25°C. Varios autores (Wong *et al.*, 2010; González *et al.*, 2012; Ploetz, 2015) demostraron que las condiciones favorables para el desarrollo de marchitez fusarial en banano requieren de un rango de temperatura de 25 a 28 °C y una humedad relativa alrededor del 80%. Al analizar los registros de temperatura y humedad relativa (Figura 3 A y B) durante los 30 días de la aplicación del producto BION 50 SC en plántulas de banano inoculadas con *Fusarium oxysporum* f. sp. *cubense* raza 1, en condiciones controladas, los valores de temperaturas se comportaron en el rango de 29 a 40 °C y la humedad relativa en el rango de 60 a 70% por lo que no constituyeron limitantes para el buen desarrollo del patógeno.

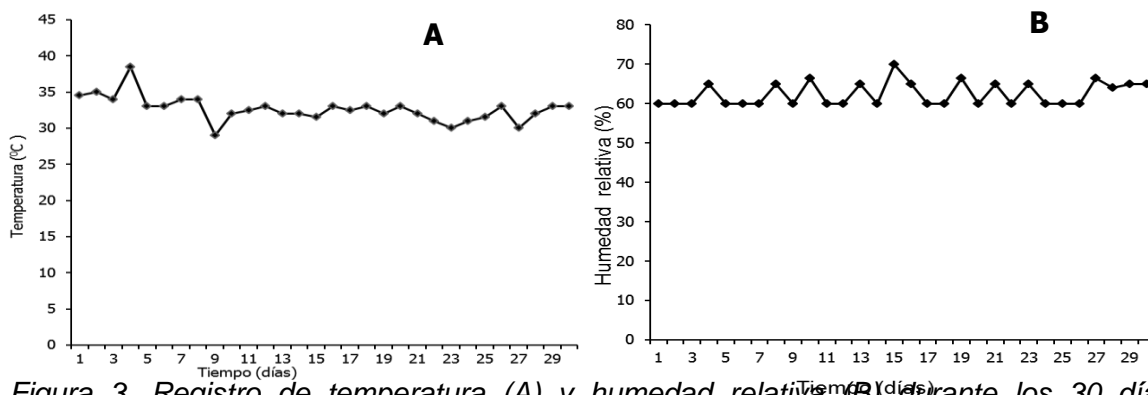


Figura 3. Registro de temperatura (A) y humedad relativa (B) durante los 30 días de la aplicación del producto BION 50 SC en plántulas de banano inoculadas con *Fusarium oxysporum* f. sp. *cubense* raza 1, en condiciones controladas.

## CONCLUSIONES

El producto Bion 50 SC en dosis de 20 y 40 g ia/ha a partir de los 5 días de la aplicación produce fitotoxicidad en plantas de banano. Las plantas tratadas con el producto Bion 50 SC presentaron los mayores valores de hojas amarillas y necrosadas. Las plantas no



tratadas con el producto Bion 50 SC presentaron los mayores porcentajes de supervivencia y valores de masa fresca.

## BIBLIOGRAFÍA CONSULTADA

- AGRIOS, G.N.: *This is a standard introductory text in plant pathology; it contains definitions and examples for general groups of plant pathogens Plant Pathology*, 5th Edition, Elsevier, 2005.
- BECKMAN, C.H.: *The nature of wilt diseases of plants*, Am. Phytopathol, Soc. Press, St. Paul, MN, USA, 1987.
- COMPANIONI, B.; MORA, N.; DÍAZ, L.; PÉREZ, A.; ARZOLA, M.; ESPINOSA, P.; HERNÁNDEZ, M.; VENTURA, J.; PÉREZ, M.C.; SANTOS, R. Y LORENZO, J.C.: *Identification of discriminant factors after treatment of resistant and susceptible banana leaves with Fusarium oxysporum f. sp. cubense - culture filtrates*, Plant Breeding 123, pp.1-8. 2004.
- CORRALES, O.; KNIGHT, S. Y MADRIGAL, A.: *Manejo de Sigatoka negra (Mycosphaerella fijiensis Morelet) y el nemátodo barrenador (Radopholus similis COBB) en banano, usando el activador de resistencia boost 50 SC dentro de un programa de fitoprotección basado en menos uso de agroquímicos*, XV Reunión Internacional ACORBAT, pp.143-147, Cuba 2002.
- GONZÁLEZ, I.; ARIAS, Y. Y PETEIRA, B.: «Aspectos generales de la interacción *Fusarium oxysporum* f.sp. *lycopersici*-TOMATE», *Protección Vegetal*, Vol.27, Núm.1, pp.1-7, 2012.
- MASDEK, N.; MAHMOOD, M.; MOLINA, A.; HWANG, S.C.; DIMYATI, A.; TANGAVELI, R. Y OMAR, I.: *Global Significance of Fusarium Wilt: Asia*, Abstracts of Papers 2nd. International Symposium on *Fusarium* wilt on Banana, Promusa-Inibap/Embrapa, Salvador de Bahía, 22-26 Sept., Brasil, 2003.
- MÉNDEZ, W.; ARAUZ, L.F. Y RODRIGO, R.: «Evaluación de Fungicidas Convencionales e Inductores de Resistencia para el Combate de Mildiú Velloso (*Pseudoperonospora Cubensis*) en Melón (*Cucumis Melo*)», *Agronomía Costarricense*, Vol.34, Núm.2, pp. 153-164. Disponible en [www.mag.go.cr/rev\\_agr/index.html](http://www.mag.go.cr/rev_agr/index.html) o [www.cia.ucr.ac.cr](http://www.cia.ucr.ac.cr). Visitado el 16 de junio de 2017.

- PÉREZ, L.: *Fusarium wilt (Panama Disease) of Bananas: an Updating Review of the Current Knowledge on the Disease and Its Causal Agent*, Memorias del XV ACORBAT, Oaxaca, México, oct., pp. 1-14, 2004.
- PLOETZ, R. Y PEGG, K.G.: *Fusarium wilt. Diseases of Banana, Abaca and Enset*, CABI Publishing, Wallingford, Reino Unido, pp. 143-159, 1999.
- POCASANGRE, L. Y PÉREZ, L.: *Impacto potencial de la entrada de Raza Tropical 4 del Mal de Panamá (Fusarium oxysporum f.sp. cubense) en la Industria Bananera y Platanera de América Latina y el Caribe*, Reunión de Grupos de Interés Sobre los Riesgos de la Raza Tropical 4 de Fusarium, BBTV y otras Plagas de Musáceas para la Región del Oirsa, America Latina y el Caribe, Documentos de Programa y Resúmenes de la Reunión, 2009.
- PLOETZ, R.: *Management of Fusarium wilt Banana: A review with special reference to tropical race 4*, Crop Prot. 73, pp.7-15, 2015.
- PLOETZ, R.; FREEMAN, S. Y KONKOL, J.: «tropical race 4 of Panama disease in the Middle East», *Phytoparasitica*, Vol.43, pp. 283-293, 2015.
- PLOETZ, R.; KEMA, G. Y MA, L.: «Impact of diseases on export and smallholder production banana», *Annu. Rev phytopathology*, Vol.53, pp.269-288, 2015.
- RODRÍGUEZ, A.A.; VENTURA, J.C.; RODRÍGUEZ, R.; PINO, J.; LÓPEZ, J. Y ROMÁN, M.I.: «Avances en el programa de mejoramiento genético del banano y el plátano en el INIVIT en Cuba: un avance de investigación», *Infomusa*, Vol.1, Núm.1, pp.3-5, 1991.
- RODRÍGUEZ, D.: *Estado Actual del Mal de Panamá en Banano Manzano (AAB) y Bluggoe (ABB) en Venezuela*, Reunión de Grupos de Interés Sobre los Riesgos de la Raza Tropical 4 de Fusarium, BBTV y otras Plagas de Musáceas para la Región del Oirsa, America Latina y el Caribe, Documentos de Programa y Resúmenes de la Reunión, 2009.
- SHAHINI, F.S.; KESHAVARZI, M.; HASSANZADE, N.; HASHEMI, M.; ABDOLLAHI, H. Y TAWOSI, M.: «In vitro evaluation of acibenzolar-s-methyl on inhibition of fire blight in apple cv. golden delicious», *Iran. J. Plant Path*, Vol.46, Núm.3, pp. 77-79, 2010.

- SMITH-BECKER, J.; KEEN, N.T. Y BECKER, J.O.: «Acibenzolar-S-methyl induces resistance to *Colletotrichum lagenarium* and cucumber mosaic virus in cantaloupe», *Crop Protection*, Vol.22, pp.769–774, 2003.
- SUN, ES. Y SU, H.J.: «Rapid method for determining differential pathogenicity of *Fusarium oxysporum* f. sp. cubense using banana plantlets», *Trop. Agric.*, Vol.61, pp.7-8. 1984.
- WONG, M.C. Y BALAGURUSAMY, N.: *Sobrevivencia de Fusarium sp. en soluciones de aceite de orégano a distintos pH*, Escuela de Ciencias Biológicas, Universidad Autónoma de Coahuila, Samaniego Gaxiola, J. A. Campo Experimental La Laguna, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Disponible en:  
<http://www.veranos.ugto.mx/Memorias/12VeranoCienciaRegionCentro/documentos/109.pdf>. Visitado el 16 de julio de 2017.
- WU, Y.R.; LUO, Z.H. Y VRIJMOED, L.L.: «Biodegradation of anthracene and benz[a]anthracene by two *Fusarium solani* strains isolated from mangrove sediments», *Bioresour Technol*, Vol.101, Núm.24, 2010.
- VAN DEN BERG, N.; BERGER, D.K.; HEIN, I.; BIRCH, P.R.J.; WINGFIELD, M.J. Y VILJOIEN, A.: «Tolerance in banana to *Fusarium* wilt is associated with early up-regulation of cell wall-strengthening genes in the roots», *Molecular Plant Pathology*, Vol.8, pp.333-341, 2007.
- POOLE, G.J.; SMILEY, R.W.; PAULITZ, T.C.; WALKER, C.A. Y CARTER, A.H.: «Identification of quantitative trait loci (QTL) for resistance to *Fusarium* crown rot (*Fusarium pseudograminearum*) in multiple assay environments in the Pacific Northwestern US», *Theoretical and Applied Genetics*, pp.91–107, 2012.