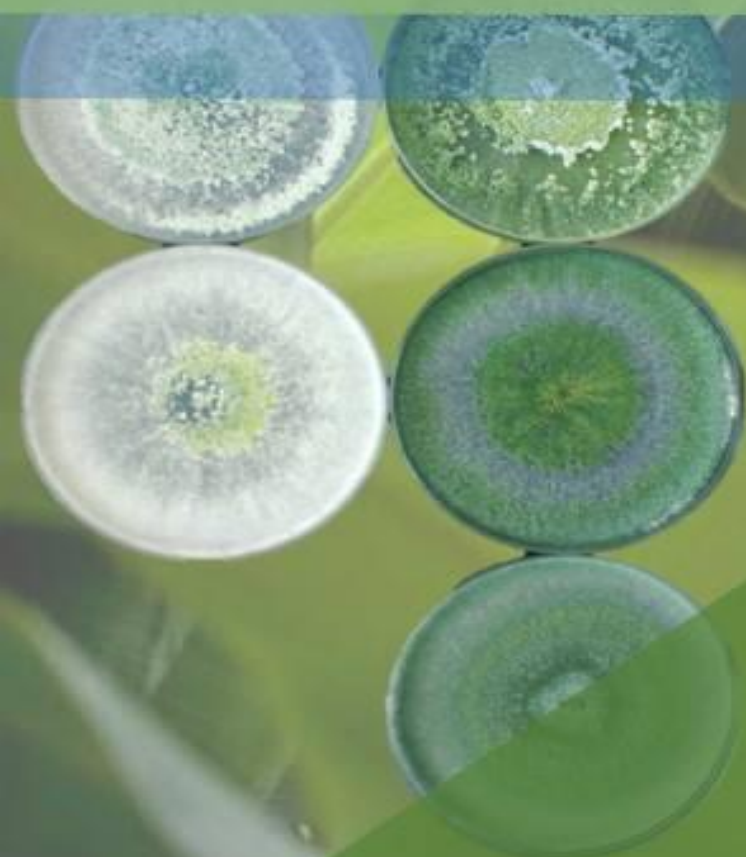




# **Trichoderma Sp. Como Agente de Control Biológico del Mal de Panamá en Banana.**



**Rodríguez Blanco Ramón  
Ibarra Sánchez Lidia Susana  
Rodríguez Barrón José Israel  
Alvarado Casillas Sergio**



# ***Trichoderma* SP. Como agente de control biológico del mal de panamá en Banana**



## **Editorial**

*Trichoderma* SP. Como agente de control biológico del mal de panamá en Banana, es una publicación editada por la Universidad Tecnocientífica del Pacífico S.C., calle 20 de Noviembre, 75, Col. Mololoa, C.P. 63050. Tel. (31)1212-5253, [www.tecnocientífica.com](http://www.tecnocientífica.com). Octubre 2017. Primera Edición digital. Tiraje: 50 ejemplares.

**ISBN:**

978-607-9488-51-2

Queda prohibida la reproducción total o parcial de los contenidos e imágenes de la publicación sin previa autorización de La Universidad Tecnocientífica del Pacífico S.C.

# ***Trichoderma* SP. Como agente de control biológico del mal de panamá en Banana**

## **Autores**

Ramón Rodríguez Blanco  
Lidia Susana Ibarra Sánchez  
José Israel Rodríguez Barrón  
Sergio Alvarado Casillas

## **Edición**

Gisela Juliet Estrada Illán

## **Diseño de Portada**

Daniela Estrada Escalante

## Resumen

El hongo del Mal de Panamá es *Fusarium oxysporum* f.sp. *cubense* (Foc) raza 1, y es considerada una de las principales enfermedades en banano o plátanos de postre en el mundo que causó serios problemas en 1926 a la industria bananera cultivar “Gros Michel” en Panamá, que fueron sustituidos por cultivares resistentes del tipo Cavendish, sin embargo una limitante fue su poca durabilidad, pues a mediados de los años 60’s en Taiwán se identificó por vez primera a Foc raza 4 que es una raza más destructiva que las razas 1 y 2 porque daña a bananas y plátanos para cocción, la nueva raza de Foc se ha extendido en Australia, China, Filipinas, Las Islas Canarias y Jordania, actualmente en América existe una alerta del Mal de Panamá Foc raza 4. El control químico no ha tenido su éxito sobre Foc. Una alternativa es el control biológico, se partió de la siguiente propuesta: que las bananas y Foc tienen una misma coevolución con respecto a su origen Indomalayo, del mismo modo existe una coevolución entre *Fusarium* y *Trichoderma*. La ecología entre las bananas, Foc y *Trichoderma*, son similares porque comparten el mismo ecosistema para su crecimiento. Por lo anterior el objetivo de este trabajo fue una revisión bibliográfica del hongo *Trichoderma* sp. como agente de control biológico sobre *Fusarium oxysporum* f.sp. *cubense* donde se describe los principales mecanismos de acción de *Trichoderma*, y su potencial control sobre Foc.

**Palabras claves:** Mal de Panamá, *Fusarium oxysporum* f.sp. *cubense*, banana, *Trichoderma*, Control biológico.

## Tabla de contenido

|   | Pág. |
|---|------|
| Introducción .....  | 6    |
| Las dos eras de banana.....   | 7    |
| Distribución del Mal de <i>Fusarium oxysporum</i> f.sp. <i>ubense</i> .....             | 8    |
| Control biológico para <i>Fusarium oxysporum</i> f.sp. <i>ubense</i> .....              | 9    |
| Coevolución de <i>Fusarium oxysporum</i> f.sp. <i>ubense</i> y <i>Trichoderma</i> ..... | 10   |
| Mecanismos de acción de <i>Trichoderma</i> sp.....                                      | 11   |
| <br>  |      |
| Conclusiones.....   | 12   |
| <br>  |      |
| Bibliografía.....   | 13   |

## Introducción

Desde tiempos ancestrales la domesticación del plátano se dio en el continente asiático, con la finalidad de cambiar el sabor astringente del fruto y eliminar las pepitas o semillas en los plátanos originales como *Musa acuminata* Colla (Champion, 1968). El método de selección fue con rizomas e hijuelos, la forma consecutiva de este tipo de reproducción se logró plátanos sin semillas y sin sabor astringente, sin embargo las plantas de plátano fueron susceptibles al hongo *Fusarium*, y con el tiempo estos plátanos fueron distribuidos en toda Asia y fuera de este continente (Moore, et al, 2002). La industria bananera en Centroamérica se desarrolló con un solo cultivar Gros Michel, esto ocasionó el primer reporte de la marchitez de las bananas por *Fusarium* en Panamá en el año de 1890 (Stakman y Harrar 1957). En Panamá en los años 50's, el hongo *Fusarium* causó graves daños en las plantaciones de banano o plátanos de postre que pertenecen al grupo Gros Michel, de allí que se conoce a la enfermedad con el nombre del Mal de Panamá con pérdidas por más de 2000 millones de dólares y una notable reducción de exportación del cultivo (Stover, 1962, Robinson, 1999, FAO, 2014).

Las formas de control del Mal de Panamá son: medidas de erradicación, eliminando las plantas en sus primeros síntomas con resultados negativos; el control químico por formas ordinarias no es costeable ni efectivo, (Stakman y Harrar 1957). Las inundaciones de los suelos sin siembra de bananas no es un método práctico ni económico por su largo tiempo que dura el suelo inundado, (Stover, 1962). El control con cultivares resistentes al Mal de Panamá ha tenido un relativo éxito así lo demuestra la historia de la industria bananera. (Simmons, 1966). La erradicación de *Fusarium* con fumigantes del suelo deteriora a la micro y macro fauna del suelo (Agnote, 2006, Promusa 2016). Desde hace tiempo se observó en algunas regiones del mundo, que las plantas de bananas susceptibles al Mal de Panamá fueron inmunes al hongo, debido a la presencia de micro organismos antagónicos a *Fusarium*. El presente trabajo expone el control biológico con el hongo *Trichoderma* como una alternativa para el Mal de Panamá.

## Las dos eras de banana

La industria bananera se caracteriza por dos eras de producción, la era Gros Michel o Roatán en México, es un plátano más largo que ancho y marcadamente curvo, los frutos al madurar son de color amarillo brillante, de un sabor agradable al consumidor, su debilidad es la susceptibilidad a *Fusarium oxysporum* f.sp. *cubense* (Foc ), razón de la caída de la industria bananera en Centroamérica. Estos plátanos no aptos a Foc determino la raza 1 del Mal de Panamá (Stover, 1962).

La segunda era de producción es la llamada Cavendish, son plátanos de punta roma, fruto verdoso a la madurez, plantas inmunes al Mal de Panamá, estos plátanos remplazaron al grupo Gros Michel, (Simmons, 1966). Pese a su resistencia el plátano Chitung del grupo Cavendish, en Taiwán fue sucumbido por un nuevo *Fusarium* que su perímetro micelial es en forma de estrella, esta modificación sucedió relativamente en un período corto, esta transformación morfológica se conoce como Foc raza 4 (Su et al, 1986). Una explicación de la durabilidad de la resistencia de los cultivares de plátano, es la mutación de *Fusarium*, producido por la selección de un solo cultivar plantados en el mismo sitio por varios años, esto conduce a cepas más virulentas (Mc. Donald y Linde, 2002).

## **Distribución del Mal de *Fusarium oxysporum* f.sp. *cubense***

En los últimos 25 años Foc raza 4 se ha distribuido ampliamente en la industria bananera mundial, en los años 90's se localizó ampliamente en Indonesia, Filipinas, Malasia, Islas Canarias y al norte de Australia. En 2004 en la provincia de Guangdong, China, se reportó Foc raza 4 con serios daños a la industria bananera (Sum, et al 1978, Molina et al, 2009). En la presente década Foc raza 4 representa una expansión peligrosa en los plátanos resistentes del grupo Cavendish, en el 2013 se reportó a Foc raza 4 en Jordania, de igual forma en Mozambique en el año 2014, al siguiente año en Líbano y Pakistán, y en Queensland, Australia. Esto representa una expansión peligrosa de esta destructiva raza porque daña a los plátanos resistentes a Foc raza 1 y 2 (García et al, 2013, Promusa, 2014).

Actualmente Foc raza 4 se distribuye en los subtrópicos, llamada raza subtropical (SR4) que afecta a las bananas Cavendish y a los bananos susceptibles a Foc razas 1 y 2; y en los trópicos la llamada raza tropical (TR4) que emergió en el sureste de Asia, perjudica a muchos de los anteriores cultivares de la raza subtropical (SR4) pero con la ausencia a la predisposición de temperaturas frías que se presentan en los subtrópicos (Ploetz, Kema y Ma, 2015). Desde entonces Foc raza 4 se ha distribuido en el mundo al grado de convertirse en una amenaza mundial, (Molina et al, 2009). Por fortuna la raza 4 de Foc, actualmente está ausente en México y resto de América (SAGARPA, 2015).

Existe una necesidad de esfuerzo mundial para prevenir la rápida propagación de Foc raza 4 que supone un peligro en el bienestar económico y seguridad alimentaria en los países en desarrollo. La FAO y sus socios piden una respuesta mundial frente a una amenaza mortal del banano (FAO, 2014). La historia de la industria bananera ha demostrado que el control de Foc con plantas resistentes no es efectivo, los tipos de control químico, físico, medidas cuarentenarias no han sido efectivas en el control del Mal de Panamá.



## **Control biológico para *Fusarium oxysporum* f.sp. *cubense***

Por lo anterior un tema necesario de abordar en el control del Mal de Panamá es el control biológico, que ha sido olvidado por muchos años hasta los albores de 1960, cuando se observó la contaminación ambiental, el desarrollo de resistencia de los plaguicidas, y la carencia de cultivos resistentes en muchos patógenos importantes (Cook y Baker, 1996). En antaño en la región de Santa Martha, Colombia, se obtenían cepas de Gros Michel libre de Foc raza 1 (Champion, 1968). Lo anterior se explica por el comportamiento de microorganismos capaces de detener al Mal de Panamá, estas tierras fueron conocidas como suelos supresivos (Stover, 1962). A contraparte se mencionó que el control con los antagonistas *Trichoderma* y *Bacillus* contra Foc tienen un moderado éxito (Manzo, 2013).

Hay senderos para un buen control biológico, siendo prioritario la selección de agentes antagónicos que funcionen a las temperaturas de los suelos donde las plantas son susceptibles a los patógenos (Baker y Chet, 1987). Un ejemplo son los aislados nativos de *Trichoderma* que presentaron mayor control sobre *F. oxysporum* f.sp. *radicis-lycopersici* que un biofungicida comercial elaborado con *Trichoderma* de otra región diferente al lugar de los aislados nativos (Caron et al 2002). La anterior cita coincide con Baker y Chet, 1987, quienes consideran que la mejor opción es con microorganismos que se encuentran en suelos supresivos (Panama Disease, 2016).

Para expresar el control biológico del Mal de Panamá, es conveniente explicar la interacción del banano con el hongo patógeno *Fusarium*, además que microorganismo antagónico ha coexistido a esta interacción. Se considera que las bananas son nativas de la Línea de Wallace ubicada en el sudeste de Asia en la región Indo Malaya, en esta línea se determinó que *Fusarium oxysporum* f.sp. *cubense* coevolucionó con las bananas (Fourie et al, 2009). Existe también la hipótesis que *Fusarium* co-evolucionó dentro y fuera de esta línea (Ploetz, 2006).

¿Qué microorganismos antagónicos podrían haber co-evolucionado con *Foc* y las bananas, según su origen?

### **Coevolución de *Fusarium oxysporum* f.sp. *cubense* y *Trichoderma***

Para explicar una posible co-evolución de *Foc* y sus microorganismos antagónicos, se debe considerar que la selección del habitat de un organismo se realiza, donde tiene una exitosa reproducción y las poblaciones se incrementan, con una competencia por espacio y alimentos que con frecuencia limita una porción del nicho, que influyen en su evolución (Smith y Smith, 2006). Con frecuencia los organismos que ocupa los mismos nichos ecológicos, espacios suelen estar estrechamente emparentados en su taxonomía (Odum, 1972). Así los estudios filogenéticos demuestran que *Fusarium* y *Trichoderma* han co-evolucionado al mismo tiempo (Kullning, Szakacs y Kubicek, 2002). Este conocimiento sobre las especies de *Trichoderma* que colonizan a las raíces de las plantas, es debido a las evidencias de que han evolucionado de manera simbiótica y no patogénica (Harman et al, 2004).

Para explicar lo anterior es necesario conocer la ecología de la interacción banana, *Fusarium* y *Trichoderma*. Las bananas crecen a temperaturas de 15° a 35° C, y en los extremos de estas temperaturas su crecimiento se inhibe, y la temperatura ideal es de 32° C (Harrer, 1966). El hongo *Fusarium* se desarrolla en temperaturas entre los 17°C a 35°C, su temperatura óptima es a 28°C, mientras su crecimiento se inhibe en los extremos de estas temperaturas (Champion, 1968). El hongo *Trichoderma* en diferentes temperaturas demostró que a 25°C es su temperatura óptima, mientras que las temperaturas de 10° y 35°C se inhibió su crecimiento (Ruano, Moral y López, 2003). Un aspecto de importancia para el desarrollo de estos organismos es el pH del suelo, así las bananas se cultivan en suelos con pH de 4.5 a 8, siendo preferente el pH de 6 a 7.5 (Champion, 1968).

La propagación del Mal de Panamá se ve favorecida en suelos ácidos (pH menores de 6) con textura ligera, que en suelos alcalinos con textura pesada (Stover, 1962). La germinación de esporas de *Trichoderma*, es más favorable en suelos ácidos (pH 5) que en suelos alcalinos (Baker y Scher, 1987, Cook y Baker, 1996). Las temperaturas y los pH del suelo son dos variables que comparten estos microorganismos esto podría explicar en forma parcial que estos tres organismos comparten nichos ecológicos similares que a su postre han permitido coexistir y que ha permitido su co-evolución como lo señala (Odum y Barret, 2006).

### **Mecanismos de acción de *Trichoderma* sp**

Los atributos de *Trichoderma* sp., pueden inhibir el crecimiento de *Fusarium* bajo condiciones ecológicas favorables para expresar su diversidad y abundancia en el ecosistema de plátano. Dado a sus ventajas por ser uno de los antagonistas más estudiados, su facilidad de crecimiento y amplio rango de hospederos que controla (Whipps, 2001). Las especies de *Trichoderma* poseen los siguientes mecanismos de acción para inhibir el desarrollo de organismos patógenos: competencia por nutrientes, producción de antibióticos volátiles y no volátiles, micoparasitismo que es un proceso de varias etapas sucesivas, desde la exploración al patógeno, enrollamiento sobre el hospedero, y excreción de enzimas micolíticas  $\beta$  1,3- glucanasa, quitinasa, lipasa y proteasa, antibiosis, que son capaces de degradar la pared celular de los fitopatógenos, que se muestra con una vacuolización, colapso y desintegración de las hifas (Howell, 2003). Al parecer el micoparasitismo es uno de los principales mecanismos participativos en el antagonismo de *Trichoderma* como agente de control biológico, sobre hongos del suelo: *Fusarium*, *Pythium*, *Sclerotium roflsii*, y *Rhizoctonia solani*, (Chet, 1987).

Otra de las particularidades de *Trichoderma* para beneficio de las bananeras son la estimulación del crecimiento de las raíces y de las plantas, que durante la colonización de *Trichoderma* sobre las raíces incrementa los niveles de defensa de las plantas por la acción de varias enzimas: quitinasas, peroxidases,  $\beta$ -1,3

glucanasas. Además *Trichoderma* tiene la bondad de incrementar la absorción de una variedad de nutrientes (cobre, fosforo, hierro, manganeso y sodio) esto permite un mejora en la nutrición de la planta (Harman, 2004). Un sistema de protección con aplicaciones de *Trichoderma* durante la propagación y la plantación de las bananas, dará un buen crecimiento de las bananas y protección al daño por *Fusarium*.

## **Conclusiones**

El hongo *Trichoderma* sp., es un agente antagónico potencial para reducir el daño de *Fusarium oxysporum* f.sp. *cubense* en sus diferentes razas, además de favorecer la formación de raíces saludables en el banano y mejorar la nutrición en el banano, al incrementar la absorción de nutrientes.

## Bibliografía

- Agnote (2006). Fusarium wilt of banana. Panama disease. 151:1-5.
- Champion J. (1968). El plátano 1ª ed. Ed. Blume. Barcelona, España. 248 pág.
- Baker R. y Scher F.M. (1987). Enhancing the activity of biological control agents. En; Chet I. (Ed.) Innovative approaches to plant disease control. 1-18. USA: J. Wiley & Sons, Inc. pp1-18.
- Caron J., Laberdière L., Thibodeau O.P. y Belanger R.R. (2002). Utilization d'une souche indigène de *Trichoderma harzianum* contre cinq agents pathogènes chez le concombre et la tomate de serre au Québec. Phytoprotection. 83:73-87.
- Cook J.R. y Baker K.F. (1996). The nature and practice of biological control of plant pathogens 3ª ed. Saint Paul Minnesota the American Phytopathological Society. 539 pp
- Chet I. (1987). *Trichoderma*-application, mode of action, and potential as biocontrol agent of soil-borne plant pathogenic. En Chet I. (Ed.) Innovative approaches to plant disease control. USA: J. Wiley & Sons, Inc. 137-160.
- García B.F, Ordoñez N.A, Qasim A., Naser Z., Abdelwali M., Salem N., Waalwijk C., Ploetz R.C. y Kema G.H.J. (2013). First report of *Fusarium oxysporum* f.sp.*cubense* tropical race 4 associated with Panama disease outside Southeast Asia. Plant Disease. "First Look paper <http://dx.doi.org/10.1094-PDN> posted 10/29/2013.
- FAO (2014). La FAO y sus socios piden una respuesta mundial frente a una enfermedad mortal del banano. Fecha de consulta agosto de 2016. En: <http://www.fao.org/news/story/es/item/273537/icode/>.
- Fourie G, Steenkamp ET, Gordon TR y Viljoen A. (2009). Evolutionary relationships among the *Fusarium oxysporum* f.sp.*cubense* vegetative compatibility groups. Applied and Microbiology 75(14):4770-4781.
- Harman GE, Howell Ch. R, Vitervo A, Chet I. y Lorito M. (2004). *Trichoderma* species opportunistic, avirulent plant symbionts. Nature Reviews Microbiology 2:43-56.

- Harrer A.E. (1966). Producción moderna de bananas. Ed. Acribia. Zaragoza España. 179 pag.
- Helsop PH y Schwarzacher T. (2007). Domestication genomics and the future for banana. *Annals of Botany* 100:1073-1084.
- En línea: [www.aob.oxfordjournals.org](http://www.aob.oxfordjournals.org). Consultado agosto 2017.
- Howell CR. (2003). Mechanisms employed by *Trichoderma* species in the biological control of plant diseases: The history and evolution of current concepts. *Plant Disease* 87 (1):4-10.
- Kullnig CM, Szakacs G, Kubicek Ch. (2000). Phylogeny and evolution of the genus *Trichoderma*: a multigene approach. *Mycological Research* 16 (7):757-767.
- Manzo SG. (2013). Epidemiología y manejo del Mal de Panamá (*Fusarium oxysporum* f.sp.*cubense*) raza tropical 4. *Revista Mexicana de Fitopatología* 31-S36.
- Mc. Donald BA y Linde C. (2002). The population genetics of plant pathogens and breeding strategies for durable resistance. *Euphytica* 124:163-180.
- Molina AB, Fabregar E, Sinohin VG, Yi G and Viljoen A. (2009). Recent occurrence of *Fusarium oxysporum* f.sp.*cubense* tropical race 4 in Asia Stellenbosch University-Scopus Publications. En Línea: [handle.net/10019.1/9827](http://handle.net/10019.1/9827). Fecha de consulta agosto 2016.
- Moore N, Pegg KP, Buddenhagen IW y Bentley S. (2002). *Fusarium* wilt of banana a diverse clonal pathogen of domesticated clonal host. En: B.A. Summerell JF, Leslie D, Backhouse WL. Bryden y LW.Burgess (Eds) *Fusarium* (212-234). St. Paul Minnesota: The American Phytopathological Society.
- Odum E.P. (1972). *Ecología* 3ª ed. Nueva Editorial Interamericana México. 639 pag.
- Odum E.P. y Barret G. (2006). *Fundamentos de ecología* 5ª ed. México: Cengage Learning Inc. México
- Panama Disease Boletín (2016). Soluciones. Posibilidades e investigación en: [www.Panamadisease.or.es](http://www.Panamadisease.or.es) . Consultado en: agosto 2016.
- Ploetz RC. (2003). *Fusarium* wilt in the western hemisphere: A current history of disease and summary of ongoing research. En Embrapa, Inibap, y Promusa

- Eds. Second Internacional Symposiun on *Fusarium* wilt on banana. San Salvador de Bahia Brazil. Pp. 9
- Ploetz RC. (2006). *Fusarium* wilt of banana is caused by several pathogens referred to as *Fusarium oxysporum* f.sp.*cubense*. *Phytophalogy* 96 (6):653-656.
- Ploetz RC, Kema GHJ y Ma L-J. (2015). Impact of diseases on export and smallholder production of banana. *Annual Review of Phytopathology* 53:269-288.
- Promusa (2014). Tropical race 4. Bioversity International as part of the CGIAR. Research Program on Roots, Tubers and bananas.
- En Línea: <http://www.promusa.org/tiki-index.php?page=tropical+race+4+-+TR4>. Fecha de consulta agosto 2016.
- Promusa (2016). *Fusarium* wilt banana. En línea: [www.promusa.org/Fusarium+wilt](http://www.promusa.org/Fusarium+wilt). Consultado agosto 2016.
- Robinson J.C. (1999). Bananas and plantains. University Press, Cambridge UK. CABI Publishing.
- Ruano RD del Moral N y López HCJ. (2003). Estudio de temperaturas *In Vitro* en aislados de *Trichoderma* sp. y de *Rosellinia necatrix*. Evaluación del antagonismo mediante cultivos duales. *Proceeding V Word Congress* (Actas V Congreso Mundial del aguacate. 525-529.
- SAGARPA (2015). Ficha técnica del Mal de Panamá (Panama disease of banana. *Fusarium oxysporum* f.sp.*cubense* raza 4. Pp10.
- Stakman EC y Harrar GJ. (1957). Principles of plant pathology. New York: USA: The Ronald Press Company. 581 pag.
- Simmons N.W. (1966). Los plátanos 1ª Ed. Blume. España. 537 pag.
- Smith TM y Smith RL. (2006). Elements of Ecology. 6ª Ed. Pearson International. San Francisco USA. 658 pag.
- Stover RH. (1962). *Fusarium* wilt (Panama disease) of bananas and other *Musa* species. *Phytophatological Paper* 4:1-117.
- Su HJ, Hwang S Ch. y Ko W H. (1986). Fusarial wilt of Cavendish bananas in Taiwan. *Plant Disease* 70 (9):814-818.

- Sum EJ, Su HJ y Ko W H. (1978). Identification of *Fusarium oxysporum* race 4 from soil or host tissue by cultural characters. *Phytopathology* 68:1672-1673.
- Tang CY y Hwang SC. (1998). Selection and asexual inheritance of dwarf variant of Cavendish banana resistance to race 4 of *Fusarium oxysporum* f.sp.*cubense*. *Australian Journal of Experimental Agriculture* 38:189-194.
- Whipps JM. (2001). Microbial interactions and biocontrol in the rhizosphere. *Journal of Experimental Botany* 52:487-511.