

Eficacia in vitro del sorbato potásico sobre el crecimiento miceliar de diez especies fúngicas componentes del complejo de la pudrición de corona (crown rot) del plátano.

Agosto 2012

EFICACIA *in vitro* DEL SORBATO POTÁSICO SOBRE EL CRECIMIENTO MICELIAR DE DIEZ ESPECIES FÚNGICAS COMPONENTES DEL COMPLEJO DE LA PUDRICIÓN DE CORONA (*crown rot)* DEL PLÁTANO.

Perera González, Santiago D. (1); Hernández Hernández, Julio M. (2); Piedra Buena Díaz, Ana (3); Duque Yanes, Manuel (4).

(1) Servicio Técnico de Agricultura y Desarrollo Rural. Cabildo Insular de Tenerife.
(2) Departamento de Protección Vegetal del Instituto Canario de Investigaciones Agrarias (ICIA).
(3) Asociación de Productores de Plátanos de Canarias (Asprocan).
(4) Departamento de Calidad de la Cooperativa Platanera de Canarias (Coplaca).

Julio 2012.

1.- INTRODUCCIÓN

La pudrición de corona (*crown rot*) del plátano causada por un complejo de especies fúngicas se considera el problema más importante de la postcosecha de esta fruta en todo el mundo (Reyes *et al*., 1998; Krauss y Johanson, 2000), llegando a causar, aún con el uso de fungicidas postcosecha, pérdidas de hasta el 20% de la fruta (Anthony *et al*., 2004). Por ello, numerosas investigaciones se han orientado a buscar alternativas, tanto químicas como no químicas, para su control. Aunque los fungicidas postcosecha son aún los métodos de control más eficientes, las alternativas no químicas han cobrado mayor importancia en los últimos años (Lassois *et al*., 2010).

Dentro de las alternativas no químicas de control del *crown rot*, el uso de organismos antagonistas como bacterias, hongos o levaduras es una de las opciones que ha despertado mayor interés en los últimos años (Postmaster *et al*., 1997; De Costa, 1998, 2005; East and Kenyon, 1998; Krauss *et al*., 1998; Gunasinghe *et al*., 2004; Lassois *et al*., 2008; Williamson *et al*., 2008; Alvindia y Natsuaki, 2009), aunque debido a su eficacia limitada y variable, lo complicado de su registro y su coste, no se ha implantado en forma comercial (Lassois *et al*., 2008; Namesny, 2009).

También se han ensayado tratamientos físicos, como el uso de agua caliente o de radiaciones. Aunque el uso de agua caliente puede destruir patógenos (Burden, 1968; López-Cabrera y Marrero-Domínguez, 1998) y activar compuestos antimicrobianos de la piel del plátano (De Costa y Erabadupitiya, 2005), si se superan los 50ºC durante 3 minutos la piel se vuelve pálida, y si esta temperatura se mantiene pero el tratamiento se prolonga durante más de 5 minutos, se reducen los grados Brix (De Costa y Erabadupitiya, 2005) y se daña la piel (Win *et al.,* 2007). En cuanto a las radiaciones, aunque para otras frutas tanto la luz ultravioleta como los rayos gamma han mostrado un cierto potencial frente a algunos patógenos, no se plantean como alternativas en el caso del plátano debido a que su piel es demasiado sensible a este tipo de radiaciones (Marriot y Palmer, 1980; Joas, 1997).

En el grupo de productos ensayados como alternativa a los fungicidas químicos tradicionales se encuentran diversos compuestos, conocidos genéricamente como sustancias GRAS (*generally regarded as safe,* consideradas generalmente seguras). Este tipo de compuestos, de nula o muy baja toxicidad, incluye extractos de plantas, sustancias volátiles (jasmonatos, acetaldehído, etanol, hexanal, etc.), ácidos orgánicos, péptidos, proteínas, quitosano y derivados, preparaciones de calcio, peróxido de hidrógeno, bicarbonato de sodio y sorbato potásico. También se han probado sustancias inductoras de resistencia, como el silicato potásico, el silicato sódico, el ácido acetilsalicílico y el ácido aminobutírico, y recubrimientos con acción antifúngica, en algunos casos comestibles (Namesny, 2009).

Con el uso de extractos vegetales de diversas especies se puede alcanzar un buen control de patógenos postcosecha. Demerutis *et al.* (2008) lograron un nivel de control de *crown rot* en el plátano similar al obtenido con imazalil, tiabendazol y sulfato de amonio al aplicar extracto de semillas de cítricos junto con una cera como coadyuvante. Por su parte, el extracto de tomillo rojo, el extracto de semillas de cítricos y el aceite de canela también han ejercido control frente a esta enfermedad (Perera, 2004; Win *et al*., 2007; Dorta, 2010; Cartaya *et al*., 2011). El bicarbonato de sodio ha mostrado ser tan eficaz como el uso de

tiabendazol o el uso de agua caliente para controlar la podredumbre en postcosecha causada por los hongos *Penicillium digitatum* y *P. italicum* (Fatemi *et al*., 2011).

El sorbato de potasio, la forma más soluble de sorbato, es conocido por su potente efecto antifúngico. Es soluble en agua y no corrosivo, y se utiliza como aditivo alimentario desde hace varios años (Chichester y Tanner, 1968, Smoot y McCornack, 1978), por lo cual su aplicación no presenta problemas legales ni de toxicidad. Es una de las sustancias consideradas como GRAS, y está incluido en la lista europea de aditivos distintos de colorantes y edulcorantes autorizados para su uso en alimentos con el código E202 (Directiva 95/2/EC del Parlamento y Consejo Europeo, modificada por las Directivas 96/85/EC, 98/72/EC y 2001/5/EC).

La mayoría de los trabajos que han estudiado el efecto antifúngico del sorbato de potasio se han centrado en su efectividad frente a diferentes especies de *Penicillium*, especialmente en cítricos. Su actividad contra *P. digitatum* y *P. italicum* en cítricos se ha observado en estudios tanto *in vitro* como *in vivo* (Smoot y McCornack, 1978; Hall, 1988; Matamoros-León *et al*., 1999; Palou *et al*., 2002b, 2008; Smilanick *et al*., 2008; Montesinos-Herrero *et al*., 2009; Abdel-Kader *et al*., 2011), y algunos autores coinciden en indicar que su efecto es más fungistático que fungicida (Palou *et al*., 2002b). También ha sido efectivo para *P. expansum* en manzanas (Ryu y Holt, 1993), para *P. expansum, P. corylophilum, Eurotium* spp. y *Aspergillus* spp. En productos panificados (Lennox y McElroy, 1984; Marín *et al*., 2002; Guynot *et al.,* 2005), para *Geotrichum candidum* var. c*itri-aurantii* en pomelo (Abdel-Kader *et al*., 2011) y para hongos de suelo como *Fusarium oxysporum* f.sp. *melonis, Macrophomina phaseolina, Rhizoctonia solani* y *Sclerotinia sclerotiorum* (Arslan *et al*, 2007).. Sin embargo, el sorbato potásico no ha sido efectivo para controlar el crecimiento de los mohos del queso *Penicillium roqueforti, P. notatum, P. frequentans* y *P. cyaneo-fulvum* en PDA (Marth *et al*., 1966).

El sorbato de potasio se puede aplicar solo, aunque es compatible con los fungicidas habituales de postcosecha (imazalil, tiabendazol, pirimetanil y fludioxonil), y algunos autores señalan que incluso mejora la efectividad de los mismos, especialmente cuando existen cepas resistentes de hongos (Smilanick *et al*., 2008; Montesinos-Herrero *et al*., 2009). Otros investigadores, sin embargo, no encuentran un efecto sinérgico de la aplicación conjunta del sorbato de potasio con el tiabendazol (Wild, 1987). Por otra parte, el sorbato de potasio no es compatible con el uso de cloro, muy empleado en postcosecha.

Un aspecto a tener en cuenta es que la acción antimicrobiana del sorbato es dependiente del pH. En general, su actividad es mayor a valores bajos de pH (4-6), aunque los sorbatos pueden
ser efectivos hasta pH 7 (Bandelin, 1958; Eklund, 1983; Stopforth *et al*., 2005). En este sentido, en el caso de los cítricos, los tratamientos con sorbato potásico han mostrado ser muy efectivos para frutas con heridas, puesto que el pH de su corteza ronda valores de 4–6 (Smilanick *et al*., 1999, 2005; Prusky *et al*., 2004). Teniendo en cuenta que el complejo de hongos causantes de la pudrición de corona penetra a través de la herida producida en el momento del desmanillado y que el plátano posee valores de pH de 4,6-5,0 (Ferrer *et al*., 2009), a los cuales el sorbato potásico es más efectivo, el tratamiento con este producto parece una buena opción para esta enfermedad de postcosecha.

Otro aspecto que afecta la efectividad del sorbato potásico es la temperatura del agua de tratamiento. Los ensayos realizados por diversos investigadores coinciden en que su efectividad es mayor en tratamientos a 45-62 ºC, en comparación con temperaturas de 20-25ºC (Wild, 1987; Palou *et al*., 2001, 2002a,b; Smilanick *et al*., 2008; Montesinos-Herrero *et al*., 2009), aunque a estas altas temperaturas, el uso conjunto de sorbato y fungicidas da lugar a mayores niveles de residuos de fungicidas sobre la fruta que en los tratamientos efectuados a temperatura ambiente (Smilanick *et al*., 2008) y, si se prolongan (2,5 min) pueden ser fitotóxicos y dañar la fruta (Palou *et al*., 2001; Smilanick *et al*., 2003). Por otra parte, otros factores tales como la especie, el cultivar y el estado fisiológico y físico de la fruta, así como la especie del hongo, han demostrado tener más importancia que la temperatura en la efectividad del control de *P. digitatum* y *P. italicum* en cítricos (Schroeder y Bullerman, 1985; Montesinos-Herrero *et al*., 2009). De hecho, el incremento de temperatura no muestra un efecto significativo cuando el tratamiento con sorbato presenta muy alta o muy baja efectividad (Montesinos-Herrero *et al*., 2009).

2.- OBJETIVO

Estudiar *in vitro* la eficacia del sorbato potásico sobre el crecimiento lineal radial de diez especies fúngicas componentes del complejo de la pudrición de corona (*crown rot*) del plátano.

3.- MATERIAL Y MÉTODOS

Se trabajó con una colección de 10 aislados fúngicos del Dpto. de Protección Vegetal del ICIA, conservada en glicerol a -80ºC, que había sido obtenida de muestras de corona de plátanos de la zona norte de la isla de Tenerife y de aguas de lavado de dicha fruta a partir de aislamientos realizados durante el verano del año 2009. Los aislados correspondían a las siguientes especies: *Alternaria alternata, Cladosporium* sp., *Colletotrichum* sp., *Fusarium oxysporum, Fusarium proliferatum, Fusarium solani, Geotrichum* sp., *Penicillium* sp., *Phoma* sp. y *Verticillium theobromae.*

El medio de cultivo utilizado fue patata-dextrosa-agar (PDA) con sorbato potásico al 0,2%. La solución de sorbato potásico se preparó en etanol al 10% y se añadió al medio PDA antes de que solidificara. Los hongos de la colección de aislados se sembraron previamente en PDA y a los 7 días se tomaron explantes de 5 mm de diámetro de cada una de las especies fúngicas con un sacabocado. Los explantes se colocaron invertidos, con el micelio sobre la superficie del medio, en el centro de las placas de PDA con sorbato potásico al 0,2%. Se efectuaron tres repeticiones (placas de Petri) del tratamiento y tres repeticiones control por cada uno de los aislados fúngicos. Las placas se incubaron en cámara de crecimiento a 25ºC en oscuridad.

Aproximadamente a los 7 días, momento en el que las placas control de algunas de las especies fúngicas presentaban un crecimiento máximo, se midieron los diámetros de las colonias (ver anejo fotográfico). Los resultados de los tratamientos con sorbato se expresaron como porcentaje de reducción del crecimiento radial frente al control de cada una de las especies fúngicas.

En los casos en los que se presentaron inhibiciones absolutas del crecimiento lineal radial, para comprobar si el efecto era fungicida o fungistático los explantes de cada aislado se pasaron a PDA y a los 7 días se observó si se había producido crecimiento lineal radial de las colonias.

Los datos obtenidos se trataron con hoja de cálculo y gráficos de Microsoft Excel 2003 para Windows y análisis estadístico con Statistix 9.0. Los datos del porcentaje de reducción en el número de unidades formadores de colonias (ufc) con respeto al tratamiento control se estudiaron mediante un análisis de la varianza (ANOVA). Como los datos son valores porcentuales, que tienen una distribución binomial caracterizada por presentar varianzas pequeñas en los extremos y mayores en el centro, se realizó la transformación arcsen$\sqrt{x}$ para aproximarla a una distribución normal,. La separación de medias se realizó según la prueba de rango múltiple de Tukey ($p \leq 0,05$).

4.- RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el siguiente gráfico se exponen los porcentajes reales de reducción de crecimiento radial lineal frente al control.

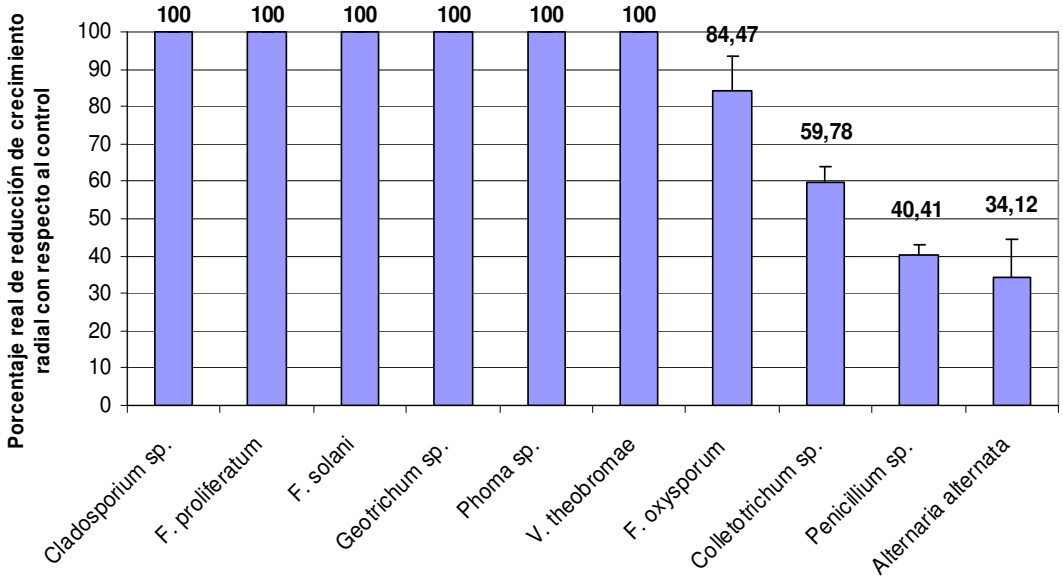


Gráfico 1.- Porcentaje real de reducción del crecimiento radial lineal frente al control para cada una de las diez aislados evaluados.

Según se observa en el gráfico 1, se alcanzó un 100% de reducción en los aislados fúngicos de *Cladosporium* sp., *F. proliferatum*, *F. solani*, *Geotrichum* sp., *Phoma* sp. y *V. theobromae*. También hubo un efecto importante frente a *F. oxysporum*, donde la reducción fue del 84,47%, mientras que para *Colletotrichum* sp., *Penicillium* sp, y *Alternaria alternaria*,se observó una reducción del 59,78%, 40,41% y 34,12%, respectivamente.

Estos resultados coinciden con estudios en los que se comprobó el efecto del sorbato potásico sobre *P. digitatum* y *P. italicum* en postcosecha de cítricos, en condiciones tanto *in vitro* como *in vivo* (Smoot y McCornack, 1978; Hall, 1988; Matamoros-León *et al*., 1999; Palou *et al*., 2002b, 2008; Smilanick *et al*., 2008).

En la tabla 1 se muestra el análisis estadístico del porcentaje de reducción del crecimiento radial lineal frente al control de los diez aislados estudiados.

Tabla 1.- Análisis estadístico del porcentaje de reducción del crecimiento radial lineal frente al control de los aislados estudiados.

Aislados fúngicos	Porcentaje de reducción de crecimiento radial lineal frente al control
Cladosporium sp.	90,05a
F. proliferatum	90,05a
F. solani	90,05a
Geotrichum sp.	90,05a
Phoma sp.	90,05a
V. theobromae	90,05a
F. oxysporum	71,06±10,09a
Colletotrichum sp.	50,71± 2,45b
Penicillium sp.	39,47± 1,47b
Alternaria alternata	35,09± 6,82b
p	0,0000***

Los datos han sido sometidos para su análisis estadístico a una transformación de arcsen √(x).
Valores medios seguidos de la misma letra no son estadísticamente diferentes según la prueba de rango múltiple de Tukey (p≤0,05).
*, **, *** y ns, indican diferencias al 95% (p<0,05, significativamente diferentes), al 99% (p ≤0,01, altamente significativas), al 99,9% (p ≤ 0,001, extremadamente significativas), y diferencias no significativas (p ≥ 0,05), respectivamente.

Se observa que existen diferencias extremadamente significativas entre dos grupos de aislados fúngicos, uno formado por *Cladosporium* sp., *F. proliferatum, F. solani, Geotrichum* sp., *Phoma* sp., *V. theobromae* y *F. oxysporum*, y otro formado por *Colletotrichum* sp*., Penicillium* sp. y *Alternaria alternata*.

En todos los casos en los que la reducción de crecimiento miceliar fue del 100% se comprobó que el efecto fue fungistático. Estos resultados fueron similares a los obtenidos por Palou *et al.* (2002b), que encontraron que efecto del sorbato potásico sobre *Penicillium* sp. fue más fungistático que fungicida.

5.- CONCLUSIÓN

Estos resultados sugieren que el sorbato potásico al 0,2% podría ser una opción válida para el tratamiento postcosecha del plátano, aunque posiblemente sería necesario complementarlo con otros tratamientos o ajustar la dosis para poder controlar las especies de hongos frente a los cuales el sorbato es menos efectivo.

Por otra parte, debido a que en ocasiones los resultados de los ensayos *in vitro* no coinciden con los obtenidos *in vivo* sería conveniente validar estos resultados realizando ensayos *in vivo*, así como observar la persistencia del efecto del sorbato sobre los hongos de la pudrición de corona del plátano en las condiciones de conservación habituales en postcosecha.

6.- BIBLIOGRAFÍA

Abdel-Kader, M.; El-Mougy, N.; Lashin, S. 2011. Evaluation of grapefruit coating with chemical preservatives as control measure against postharvest decay.Phytopatologia 59:25–38.

Alvindia, D.G.; Natsuaki, K.T. 2009. Biocontrol activities of *Bacillus amyloliquefaciens* DGA14 isolated from banana fruit surface against banana crown rot-causing pathogens. Crop Protection 28:236–242.

Anthony, S.; Abeywickrama, K.; Dayananda, R.; Wijeratnam Shanthi, W.; Arambewela, L. 2004. Fungal pathogens associated with banana fruit in Sri Lanka, and their treatment with essential oils. Mycopathologia 157:91–97.

Arslan, U.; Ilhan, K.; Vardar, C.; Karabulut, O.A. 2007. Evaluation of antifungal activity of food additives against soilborne phytoopathogenic fungi. Phytoparasitica 35:392–400.

Burden, O.J. 1968. Reduction of banana anthracnose following hot treatment of the green fruit. Queensland Journal of Agricultural and Animal Science 25:135–144.

Cartaya Díaz, N.; Domínguez Palarea, E.; Piedra Buena Díaz, A.; Duque Yanes, M.; Torres Sánchez, J.M.; Oramas González-Moro, J.J.; Pereyra León, J.; Lobo Rodrigo, G.; Hernández Hernández, J.; Perera González, S. 2011. Evaluación de eficacia de productos naturales para el control de la pudrición de corona (*crown rot*) en plátano. Cabildo de Tenerife, 21 p.

Chichester, D.F.; Tanner, F.W., Jr. 1968. Antimicrobial food additives. Capítulo 4, Parte I. En: Furia, T.E. (ed.) Handbook food additives. The Chemical Rubber Co., Cleveland, Ohio.

De Costa, D.M.; Erabadupitiya, H.R.U.T. 2005. An integrated method to control postharvest diseases of banana using a member of the *Burkholderia cepacia* complex. Postharvest Biology and Technology 36:31–39.

De Costa, D.M.; Subasinghe, S.S.N.S. 1998. Antagonistic bacteria associated with the fruit skin of banana in controlling its post-harvest diseases. Tropical Science 38:206–212.

Demerutis, C.; Quiros, L.; Martinuz, A.; Alvarado, E.; Williams, R.N.; Ellis, M.A. 2008. Evaluation of an organic treatment for post-harvest control of crown rot of banana. Ecological Engineering 34: 324–327.

Dorta, E. 2010. Evaluación de cuatro extractos de plantas, una sal inorgánica y un fungicida para el control de la podredumbre de corona del plátano. Trabajo fin de carrera. Escuela Técnica Superior de Ingeniería Agraria. Universidad de La Laguna.

East, L.; Kenyon, L. 1998. Development of biological control methods for post-harvest rots of banana. En: Proceedings of the Brighton Crop Protection Conference: Pests Diseases. B. C. P. Council, Ed. Farnham, Brighton, Reino Unido, 549–554.

Fatemi; S.; Jafarpour, M.; Borji, H. 2011. Postharvest application of heat treatments and thibendazole, sodium bicarbonate fungicides on decay control and characteristics quality and quantity in the "Valencia" orange. African Journal of Agricultural Research 6:2420–2424.

Ferrer Mairal, A.; Marques Lopes, I.; Vercet Tormo, A. 2009. Informe sobre las características diferenciales entre el Platáno de Canarias y la banana de distintas procedencias. Facultad de Ciencias de la Salud y el Deporte, Universidad de Zaragoza.56 p.

Gunasinghe, R.N.; Ikiriwatte, C.J.; Karunaratne, A.M. 2004. The use of *Pantoea agglomerans* and *Flavobacterium* sp. to control banana pathogens. Journal of Horticultural Science and Biotechnology 79:1002–1006.

Guynot, M.E.; Ramos, A.J.; Sanchis, V.; Marín, S. 2005. Study of benzoate, propionate, and sorbate salts as mould spoilage inhibitors on intermediate moisture bakery products of low pH (4,5-5,5). International Journal of Food Microbiology 101:161–168.

Hall, D. 1988. Comparative activity of selected food preservatives as citrus postharvest fungicides. Proceedings of Florida State Horticultural Society 101:184–187.

Joas, J. 1997. Programme qualité de la banane d'exportation. Rapport d'essai sur l'emploi des UV en post récolte. In: Rapport interne. Cirad-Flhor, Fort de France, p. 2.

Krauss, U.; Bidwell, R.; Ince, J. 1998. Isolation and preliminary evaluation of mycoparasites as biocontrol agents of crown rot of banana. Biological Control 13:111–119.

Krauss, U.; Johanson, A. 2000. Recent advances in the control of crown rot of banana in the Windward Islands. Crop Protection 19:151–160.

Lassois, L.; Jijakli, M. H.; Chillet, M.; de Lapeyre de Bellaire, L. 2010. Crown rot of bananas. Preharvest factors involved in postharvest disease development and integrated control methods. Plant Disease 94:648–658.

Lassois, L.; de Lapeyre de Bellaire, L.; Jijakli, M.H. 2008. Biological control of crown rot of bananas with *Pichia anomala* strain K and *Candida oleophila* strain O. Biological Control 45:410–418.

Lennox, J.E.; McElroy, L.J. 1984. Inhibition of growth and patulin synthesis in *Penicillium expansum* by potassium sorbate and sodium propionate in culture.Applied Environmental Microbiology 48:1031–1033.

López-Cabrera, J.J; Marrero-Dominguez, A. 1998. Use of hot water dips to control the incidente of banana crown rot. Acta Horticulturae, 490:563–569.

Marín, S.; Guynot, M.E.; Neira, P.; Bernadó, M.; Sanchis, V.; Ramos, A.J. 2002. Risk assessment of the use of sub-optimal levels of weak-acid preservatives in the control of mould growth on bakery products. International Journal of Food Microbiology 79:203–211.

Marriott, J.; Palmer, J.K. 1980. Bananas - Physiology and biochemistry of storage and ripening for optimum quality. Critical Reviews of Food Science and Nutrition 13:41–88.

Marth, E.H.; Capp., C.M.; Hasenzahl, L.; Jackson, H.W.; Hussong, R.V. 1966. Degradation of potassium sorbate by *Penicillium* species. Journal of Dairy Science 49:1197–1205.

Matamoros-León, B.; Argaiz, A.; López-Malo, A. 1999. Individual and combined effects of vanillin and potassium sorbate on *Penicillium digitatum*, *Penicillium glabrum*, and *Penicillium italicum* growth. Journal of Food Protection 62:540–542.

Montesinos-Herrero, C.; del Río, M.A.; Pastor, C.; Brunetti, O.; Palou, L. 2009. Evaluation of brief potassium sorbate dips to control postharvest penicillium decay on major citrus species and cultivars. Postharvest Biology and Technology 52:117–125.

Namesny, A. 2009. Cítricos, ¿qué hay de nuevo en tratamientos poscosecha? [Disponible *online* en: http://www.poscosecha.com/article.php?sid=74392] (Consultado el 1/02/2011).

Palou, L.; Smilanick, J.L.; Droby, S. 2008. Alternatives to conventional fungicides for the control of citrus postharvest green and blue moulds. Stewart Postharvest Review 2:2.

Palou, L.; Usall, J.; Muñoz, J.A.; Smilanick, J.L.; Viñas, I. 2002a. Hot water, sodium carbonate, and sodium bicarbonate for the control of postharvest green and blue molds of Clementine mandarins. Postharvest Biology and Technology 24:93–96.

Palou, L.; Usall, J.; Smilanick, J.L.; Aguilar, M.J.; Viñas, I. 2002b. Evaluation of food additives and low-toxicity compounds as alternative chemicals for the control of *Penicillium digitatum* and *Penicillium italicum* on citrus fruit. Pest Management Science 58:459–466.

Palou, L.; Smilanick, J.L.; Usall, J.; Viñas, I. 2001. Control of postharvest blue and green molds of oranges by hot water, sodium carbonate, and sodium bicarbonate. Plant Disease 85: 371–376.

Perera, S. 2004. Evaluación de la eficacia de seis fungicidas sobre la pudrición de corona del plátano. Trabajo fin de carrera. Escuela Técnica Superior de Ingeniería Agraria. Universidad de La Laguna.

Postmaster, A.; Kuo, J.; Sivasithamparam, K.; Turner, D. W. 1997. Interaction between *Colletotrichum musae* and antagonistic microorganisms on the surface of banana leaf discs. Scientia Horticulturae 71:113–125.

Reyes, M. E. Q.; Nishijima, W.; Paull, R. E. 1998. Control of crown rot in 'Santa Catarina Prata' and 'Williams' banana with hot water treatments. Postharvest Biology and Technology 14: 71–75.

Ryu, D.; Holt, D. 1993. Growth inhibition of *Penicillium expansum* by several commonly used food ingredients. Journal of Food Protection 56:862–867.

Smilanick, J.L.; Mansour, M.F.; Mlikota Gabler, F.; Sorenson, D. 2008. Control of citrus postharvest green mold and sour rot by potassium sorbate combined with heat and fungicides. Postharvest Biology and Technology 47:226–238.

Schroeder, L.L.; Bullerman, L.B. 1985. Potential for development of tolerance by *Penicillium digitatum* and *Penicillium italicum* after repeated exposure to potassium sorbate. Applied and Environmental Microbiology 50: 919–923.

Smilanick, J.L.; Sorenson, D.; Mansour, M.F.; Aieyabei, J.; Plaza, P. 2003. Impact of a brief postharvest hot water drench treatment on decay, fruit appearance, and microbe populations of California lemons and oranges. HortTechnology 13:333–338.

Smoot, J,J.; McCornack, A.A. 1978. The use of potassium sorbate for citrus decay control. Proceedings of Florida State Horticultural Society 91:119–122.

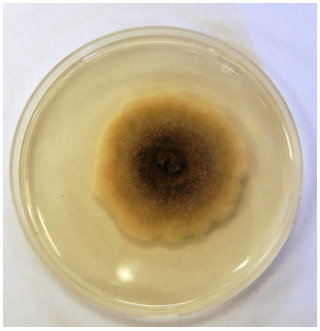
Stopforth, J.D.; Sofos, J.N.; Busta, F.F. 2005. Sorbic acid and sorbates. In: Davidson, P.M.; Sofos, J.N.; Branen, A.L. (Eds.), Antimicrobials in Food, Taylor & Francis, Boca Raton, FL, USA, pp. 49-90.

Wild, B.L. 1987. Fungicidal activity of potassium sorbate against *Penicillium digitatum* as affected by thiabendazole and dip temperature. Scientia Horticulturae 32:41–47.

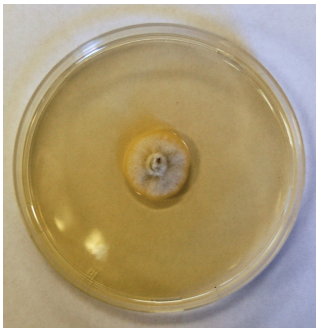
Williamson, S. M.; Guzmán, M.; Marin, D. H.; Anas, O.; Jin, X.; Sutton, T. B. 2008. Evaluation of *Pseudomonas syringae* strain ESC-11 for biocontrol of crown rot and anthracnose of banana. Biological Control 46:279–286.

Win, N.; Jitareerat, P.; Kanlayanarat, S.; Sangchote, S. 2007. Effects of cinnamon extract, chitosan coating, hot water treatment and their combinations on crown rot disease and quality of banana fruit. Postharvest Biology and Technology 45:333–340.

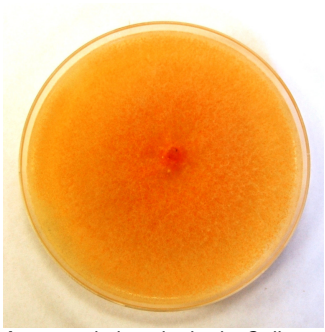
8.- ANEJO FOTOGRÁFICO



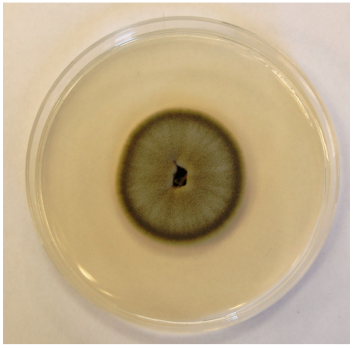
Aspecto de la colonia de *Alternaria alternata* a los 7 días de la siembra en PDA.



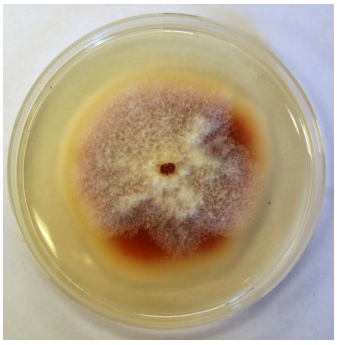
Aspecto de la colonia de *Verticillium theobromae* a los 7 días de la siembra en PDA.



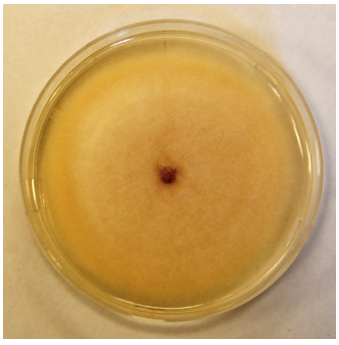
Aspecto de la colonia de *Colletotrichum* sp. a los 7 días de la siembra en PDA.



Aspecto de la colonia de *Cladosporium* sp. a los 7 días de la siembra en PDA.



Aspecto de la colonia de *Fusarium proliferatum* a los 7 días de la siembra en PDA.



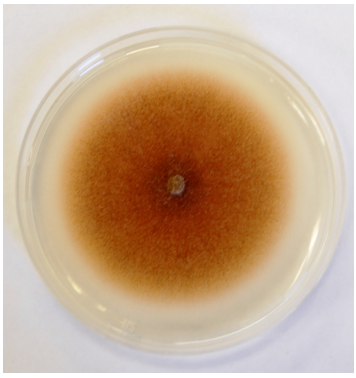
Aspecto de la colonia de *Fusarium oxysporum* a los 7 días de la siembra en PDA.



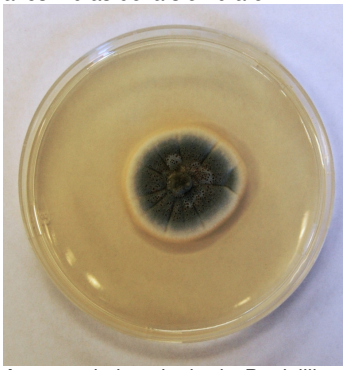
Aspecto de la colonia de *Geotrichum* sp. a los 7 días de la siembra en PDA.



Aspecto de la colonia de *Fusarium solani* a los 7 días de la siembra en PDA.



Aspecto de la colonia de *Phoma* sp. a los 7 días de la siembra en PDA.



Aspecto de la colonia de *Penicillium* sp. a los 7 días de la siembra en PDA.