



Corpoica. Ciencia y Tecnología
Agropecuaria

ISSN: 0122-8706

revista_corpoica@corpoica.org.co

Corporación Colombiana de Investigación
Agropecuaria
Colombia

Carreras S., Bertha

Aplicaciones de la bacteria entomopatógena *Bacillus thuringiensis* en el control de
fitopatógenos

Corpoica. Ciencia y Tecnología Agropecuaria, vol. 12, núm. 2, julio-diciembre, 2011, pp.
129-133

Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria
Cundinamarca, Colombia

Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=449945031006>

- ▶ Cómo citar el artículo
- ▶ Número completo
- ▶ Más información del artículo
- ▶ Página de la revista en redalyc.org

redalyc.org

Sistema de Información Científica

Red de Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal
Proyecto académico sin fines de lucro, desarrollado bajo la iniciativa de acceso abierto

ARTÍCULO DE REVISIÓN

Applications of entomopathogenic bacteria *Bacillus thuringiensis* to control phytopathogens

ABSTRACT

The overuse of chemical pesticides causes resistance in phytopathogens and negative influences on the environment and human health; therefore, the implementation of control strategies of beneficial microorganisms such as *Trichoderma* spp., *Bacillus* spp., *Pseudomonas* spp., and other promising agents is compelling. *Bacillus thuringiensis* is the most widely used biological insecticide in the world; it controls various insects and pests that affect agriculture and forestry and transmit pathogens to humans and animals. In Cuba, products based on *B. thuringiensis* were obtained and have been used since the 1970s, and they represent over 40% of all biological controls. Currently, the Plant Health Research Institute (INISAV) has various strains of this species that affect insects and pest organisms in different ways. This means they have a collection that covers a wide spectrum of the many diseases affecting various agricultural crops at their disposal. However, in spite of the recognized specificity, virulence, safety, and potency of these strains against pathogens, their antifungal potential is unknown, although it is known that this bacterium produces a variety of metabolites that inhibit fungal pathogens. In this review, we explore applications *B. thuringiensis* to control plant pathogenic organisms; from this, we derive the importance of exploring this potential in strains that make up the INISAV collection of *B. thuringiensis* as an alternative method to control plant pathogens in Cuba.

Keywords: phytopathogens fungus, phytopathogens bacteria, chitinases, biological control.

Aplicaciones de la bacteria entomopatógena *Bacillus thuringiensis* en el control de fitopatógenos

Bertha Carreras S.¹

RESUMEN

El uso excesivo de plaguicidas químicos provoca resistencia en los fitopatógenos, influencia negativa sobre el ambiente y la salud humana, por lo que se impone la implantación de estrategias de control de microorganismos benéficos, como *Trichoderma* spp., *Bacillus* spp., *Pseudomonas* spp. y otros agentes promisorios. *Bacillus thuringiensis* es el insecticida biológico más utilizado en el mundo para controlar diversos insectos y organismos plaga que afectan la agricultura, la actividad forestal y que transmiten patógenos a humanos y animales. En Cuba, los productos a base de *B. thuringiensis* se obtienen y se utilizan desde la década de los setenta del pasado siglo, y representan más del 40% de todos los controles biológicos. Actualmente, en el Instituto de Investigaciones de Sanidad Vegetal (INISAV) se cuenta con cepas de esta especie con efectos contra diferentes insectos y organismos plaga, lo cual permite disponer de una colección que cubre un espectro de numerosas plagas que afectan varios cultivos agrícolas; sin embargo, a pesar de la especificidad, virulencia, seguridad y potencia de estas cepas contra organismos patógenos, su potencial antifúngico es desconocido, aunque se sabe que esta bacteria produce una gran diversidad de metabolitos que resultan inhibidores de hongos fitopatógenos. En esta revisión se citan las aplicaciones de *B. thuringiensis* en el control de organismos fitopatógenos y de la misma se deriva la importancia de explorar estas potencialidades en las cepas que conforman la colección de *B. thuringiensis* del INISAV como una alternativa más al control de fitopatógenos en Cuba.

Palabras clave: hongos fitopatógenos, bacterias fitopatógenas, quitininas, control biológico.

INTRODUCCIÓN

El uso de biopreparados a partir de microorganismos para el control biológico de plagas y enfermedades, y para la fertilización de cultivos de interés comercial, se presenta como uno de los métodos más prometedores para reducir los efectos nocivos del uso indiscriminado de plaguicidas en la agricultura.

¹ Instituto de Investigaciones de Sanidad Vegetal - INISAV. La Habana (Cuba). bcarreras@inisav.cu

La ventaja de esta opción de control es que representan una alternativa ecológica, respetuosa con el medio ambiente, no contaminante, y que reduce notablemente los riesgos de resistencia de los patógenos. Además, al ser selectivos en su modo de acción, es poco probable que dañen a otros organismos beneficiosos y en muchos casos favorecen al ecosistema y estimulan el crecimiento vegetal (Tejeda *et al.*, 2006), a la vez que los efectos sobre la salud humana son mínimos o nulos.

Todas las plagas y enfermedades son afectadas en alguna medida por organismos antagonistas. Entre los grupos más importantes de los organismos causantes de enfermedades de las plantas se encuentran especies de los géneros *Botrytis*, *Pythium*, *Rhizoctonia*, *Alternaria*, *Fusarium*, *Phytophthora*, *Thielaviopsis* y *Botryosphaeria*, los cuales pueden sobrevivir durante muchos años en el suelo.

Las pudriciones blandas causadas por las bacterias pectolíticas son responsables de considerables pérdidas económicas en diversos cultivos como la papa. En las condiciones de Cuba las especies *Pectobacterium carotovorum* (sin. *Erwinia carotovora* subps. *carotovora*) y *Dickeya chrysanthemi* (sin. *Erwinia chrysanthemi*), son causantes de la podredumbre blanda en la planta y en los tubérculos en el campo y el almacén (Stefanova, 1990).

LAS BACTERIAS COMO AGENTES DE BIOCONTROL DE FITOPATÓGENOS

Algunos géneros de bacterias causan enfermedades en plantas, mientras que otras pueden ayudarlas para defenderse de microorganismos dañinos. Dentro de las primeras se encuentran los géneros *Xantomonas*, *Erwinia*, *Pseudomonas*, *Streptomyces*, *Agrobacterium*, *Bacteria* y *Corynebacterium*, quienes en general se distinguen al observar podredumbres húmedas en las plantas con mal olor, lesiones irregulares y manchas (Benítez, 2005).

Dentro del segundo grupo se encuentran bacterias que producen metabolitos específicos capaces de actuar contra insectos, hongos y nemátodos (Knaak *et al.*, 2007; Snook *et al.*, 2009). Algunos géneros de bacterias que pertenecen a éste grupo son *Bacillus*, *Pseudomonas* y *Streptomyces*. *Pseudomonas syringae* produce metabolitos conocidos como pseudomicinas que se han probado contra patógenos fúngicos responsables de los daños en humanos y plantas. Se ha investigado que las pseudomicinas tienen efecto contra diversos microorganismos patógenos (Strobel y Rodríguez, 2005).

La investigación de cepas bacterianas del género *Pseudomonas* hizo posible la obtención, mediante procesos biotecnológicos patentados, del primer biofungicida

Gluticid®, para el control de fitopatógenos foliares, cuya eficacia contra *Alternaria solani* y *Cladosporium fulvum* fue comprobada en un cultivo protegido de tomate (Stefanova, 2006).

Stefanova *et al.* (2007), demostraron el efecto antagónico de *Pseudomonas aeruginosa* cepa PSS contra aislamientos de *P. carotovorum* y *D. chrysanthemi*, bacterias fitopatógenas registradas en el cultivo de la papaya.

En el cultivo del arroz (*Oryza sativa*) las enfermedades de origen microbiano constituyen uno de los factores que inciden en la obtención de bajos rendimientos, calidad y manchado de los granos. Entre ellas se destaca la piriculariosis, añublo o quemazón, causada por el hongo *Pyricularia grisea* (Sacc.). En Cuba, esta enfermedad tiene una amplia distribución y cuando las condiciones son favorables se incrementa su severidad y se pueden producir pérdidas superiores al 70% del rendimiento agrícola. La aplicación de bacterias promotoras del crecimiento vegetal (PGPB) para el control biológico de *P. grisea* fue estudiada por Hernández *et al.* (2010). Los resultados mostraron que en la rizosfera del cultivo del arroz existen altos porcentajes de PGPB con actividad de control biológico ante *P. grisea*, las que fueron identificadas como *Burkholderia* sp., *Pseudomonas putida* y *Pseudomonas fluorescens*.

Obregón (2006), realizó aislamientos de *Streptomyces griseoviride* de suelos y abonos orgánicos de distintas regiones de Costa Rica. Las cepas fueron evaluadas *in vitro* contra las bacterias fitopatógenas *Erwinia* y *Xanthomonas* spp. Las que mostraron mejores resultados se reprodujeron mediante fermentación en sustrato sólido y se evaluaron en macetas con piña y cucurbitáceas, previamente inoculadas con las bacterias fitopatógenas. Las evaluaciones *in vivo* de las mejores cepas demostraron un control similar o superior al de los bactericidas sintéticos.

El género *Bacillus* se encuentra entre los agentes más adecuados para el control biológico debido a cualidades tanto morfológicas como fisiológicas que permiten su ubicuidad en la naturaleza (Chatterjee *et al.*, 2007; Carreras *et al.*, 2008). Este género, además ha tenido mucho éxito en la prevención de patologías vegetales causadas por hongos (Sosa *et al.*, 2006; Reinoso-Rozo, 2007).

La mayoría de los *Bacillus* spp. producen muchas clases de antibióticos como bacilomicina, fungimicina, micosubtilina y zwittermicina, que son efectivos en suprimir el crecimiento de patógenos *in vitro* y/o *in situ* (Pal y Gardener, 2006; Leelasuphakul *et al.*, 2008). De hecho, *Bacillus* sp. actúa vía antibiosis, competencia por nutrientes, sitios de exclusión e infección, parasitismo y/o inducción de resistencia (Kloepper *et al.*, 2004).

Basha y Ulaganathan (2002) encontraron, bajo microscopio de luz, que la interacción in vitro de *Bacillus* sp. (cepa BC121) contra *Curvularia lunata*, produjo la deformación de hifas, condensación, deformación y ocurrencia de malformaciones extensivas y daños al micelio. Emmert y Handelsman (1999) informaron que *Bacillus cereus* modificó la composición iónica del medio de cultivo en el que fue cultivado: aumentó el pH, secuestró calcio y excretó amonio. Esta combinación es altamente tóxica a las zoosporas de *Oomycetes* patógenos, causando un rápido ensanchamiento y expulsión de la vacuola, seguido de lisis de las zoosporas.

Dentro del género *Bacillus* la especie con mayores antecedentes como antagonista es *Bacillus subtilis*. Varios autores han analizado la liberación de compuestos con propiedades antifúngicas como la subtilina y otros antibióticos de la familia de las iturinas (Cazorla y Romero, 2007).

Numerosos estudios sugieren la utilización de *B. subtilis* para controlar biológicamente diversos hongos fitopatógenos, tales como *Cercospora kikuchii* (Soldano *et al.*, 2010) *Cercospora beticola* Sacc. (Collins y Jacobsen, 2003), *Rhizoctonia solani* (Montealegre *et al.*, 2003), *Botrytis cinerea* (Hang *et al.*, 2005), *Colletotrichum gloeosporioides* (Senghor *et al.*, 2007) y *Penicillium digitatum* (Leelasuphakul *et al.*, 2008).

En Cuba, se demostró la efectividad del Biobac® obtenido a partir de *B. subtilis* (cepa INIFAT-101) como biocontrolador de enfermedades y estimulador del crecimiento vegetal (Tejeda *et al.*, 2006). La aplicación del bioproducto fue viable en condiciones controladas y no controladas para diferentes cultivos como cebolla, tomate, trigo, remolacha y otros.

EFICACIA DE *BACILLUS THURINGIENSIS* PARA EL CONTROL DE FITOPATÓGENOS

B. thuringiensis es una bacteria entomopatógena que produce un cuerpo paraesporal, denominado δ-endotoxina (proteínas Cry). Muchos grupos taxonómicos de invertebrados son susceptibles a la acción tóxica del cristal de *B. thuringiensis*. Dentro del Lepidoptero encontramos especies susceptibles en la mayor parte de sus familias, destacando por su interés agronómico a *Cossidae*, *Gelechiidae*, *Lymantriidae*, *Noctuidae*, *Pieridae*, *Pyralidae*, *Thaumetopoeidae*, *Tortricidae* y *Yponomeutidae* (del Rincón-Castro *et al.*, 2006; Armengol *et al.*, 2007; Rosas-García *et al.*, 2008; Carreras *et al.*, 2009). En Diptera, el espectro de actividad del cristal es menor, afectando, entre otras, a especies de *Tephritidae*, *Culicidae*, *Muscidae*, *Simuliidae*, y *Tipulidae* (Armengol *et al.*, 2007; Carreras y Rodríguez, 2009; González *et al.*, 2011), mientras que en Coleoptera afecta las familias *Chrysomelidae*, *Curculionidae*, *Tenebrionidae*, y *Scarabeidae* (Weathersbee *et al.*, 2006; Támez *et al.*, 2007). La

actividad tóxica de los cristales no está restringida tan sólo a insectos, extendiéndose también a nemátodos, protozoos, trematodos y ácaros (Khyami-Horani y Al-Banna, 2006; Carreras, 2008; Mohammed *et al.*, 2008).

Esta bacteria además, produce una gran diversidad de metabolitos, entre los que se destacan: bacteriocinas, antibióticos y enzimas extracelulares (como proteasas y quitinasas) (Barboza-Corona *et al.*, 2008), elementos clave en el fenómeno de supresión de patógenos.

El efecto inhibidor de las cepas de *B. thuringiensis* en hongos fitopatógenos se puede asociar a la producción de enzimas que pueden actuar contra la pared celular. Esto es debido a que algunas bacterias antagonicas de hongos fitopatógenos producen quitinasas (Mavingui y Heulin, 1994; Asaka y Shoda, 1996), enzimas que tienen un papel importante en la degradación de quitina, por lo que es crucial en la hidrólisis de la pared celular de hongos.

Se ha determinado la producción de quitinasas por algunas especies de *Bacillus* con potencial en control biológico (Aktuganov *et al.*, 2007; Rodas *et al.*, 2009), además, se ha observado que *B. thuringiensis* subsp. *aizawai*, produce quitinasas las cuales son utilizadas contra hongos fitopatógenos ya que atacan su pared celular y, por tanto, inhiben el crecimiento del hongo (Morales de la Vega *et al.*, 2006). Las quitinasas de *B. thuringiensis* subsp. *israelensis* producidas por la fermentación del caparazón de camarón, como fuente de quitina, mostró tener actividad contra hongos fitopatógenos como *Sclerotium rolfsii* (Reyes-Ramírez *et al.*, 2004).

Las enzimas quitinolíticas de *B. thuringiensis* se han seleccionado y caracterizado, y se ha llegado a la conclusión que la acción sinérgica entre las quitinasas y las proteínas Cry se pueden utilizar en el control biológico de fitopatógenos (Barboza *et al.*, 1999).

Mojica-Marín *et al.* (2009), realizaron la evaluación y determinación de la capacidad antagonica de 64 cepas de *B. thuringiensis* sobre *Rhizoctonia solani*, *Phytophthora capsici* y *Fusarium oxysporum* mediante estudios de cultivos duales en placas de Petri encontrando que 16 cepas de *B. thuringiensis* redujeron significativamente el crecimiento radial micelial de *R. solani*, 19 de *P. capsici* y ocho de *F. oxysporum*, después de tres días de incubación a 25°C. Además, las mejores cepas bacterianas se evaluaron en semillas de chile (*Capsicum annuum*) variedad Anaheim mediante pruebas de germinación bajo condiciones in vivo y se observó un incremento en el porcentaje de germinación, en el caso del tratamiento de inoculación con *B. thuringiensis* sobre *R. solani*.

Numerosas cepas de *Pseudomonas* sp., *Curtobacterium luteum* y *Pantoea agglomerans*, han resultado promisorias para las erwinias pectolíticas (Reitier *et al.*, 2002). Una nueva forma de biocontrol, que desactiva la virulencia de *Erwinia carotovora*, se ha descrito para la especie *B. thuringiensis* (Dong *et al.*, 2004).

E. carotovora produce acyl-homoserine lactone (AHL, siglas en inglés), que emite señales para la expresión de los genes de virulencia, mientras que las cepas de *B.*

thuringiensis, utilizadas en el ensayo, producían AHL-lactonase, enzima muy potente en la degradación de la AHL. *B. thuringiensis* no interfirió en el crecimiento de *E. carotovora*, más bien eliminó la señal de la AHL cuando las dos bacterias fueron cocultivadas. Los resultados de estos autores sugieren que los mecanismos de interferencia de señal ocurren de manera natural en los ecosistemas, y por tanto deben ser explorados como una nueva versión de antagonismo para la prevención de infecciones bacterianas.

REFRENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aktuganov GE, Galimzyanova NF, Melentev AI, Kuzmina LY. 2007. Extracellular hydrolases of strain *Bacillus* sp. 739 and their involvement in lysis of micromycetes cell walls. *Mikrobiologiya* 76(4):413-420.
- Armengol G, Escobar MC, Maldonado ME, Orduz S. 2007. Diversity of Colombian strains of *Bacillus thuringiensis* with insecticidal activity against dipteran and lepidopteran insects. *J Appl Microbiol* 102(1):77-88.
- Asaka O, Shoda M. 1996. Biocontrol of *Rhizoctonia solani* damping-off of tomato with *Bacillus subtilis* RB14. *Appl Environ Microbiol* 62:4081-4085.
- Barboza CJE, Contreras JC, Velásquez RR, Bautista JM, Gómez RM, Cruz CR, Ibarra JE. 1999. Selection of chitinolytic strains of *Bacillus thuringiensis*. *Biotechnol Lett* 21:1125-1129.
- Barboza-Corona J, Reyes-Ríos D, Salcedo-Hernández R, Bideshi D. 2008. Molecular and Biochemical Characterization of an Endochitinase (ChiA-HD73) from *Bacillus thuringiensis* subsp. kurstaki HD-73. *Mol Biotechnol* 39:29-37.
- Basha S, Ulaganathan K. 2002. Antagonism of *Bacillus* species (strain BC121) towards *Curvularia lunata*. *Current Sci* 82:1457-1463.
- Benítez BA. 2005. Avances recientes en biotecnología vegetal e ingeniería genética de plantas. Barcelona, España: Reverté.
- Carreras B. 2008. Aislamiento y caracterización de cepas autóctonas de *Bacillus thuringiensis* con potencialidades para el control de plagas [Tesis de doctorado]. La Habana: INISAV; Facultad Biología, Universidad de La Habana.
- Carreras B, Rodríguez D. 2009. Evaluación de cepas de *Bacillus thuringiensis* para el control de *Drosophila melanogaster* Maengi. *Fitosanidad* 13(2):83-87.
- Carreras B, Fernández-Larrea O, Rodríguez D, Piedra F, Escobar M, López O. 2008. Aislamiento y caracterización de cepas autóctonas de *Bacillus thuringiensis* Berliner con potencialidades para el control de plagas. *Fitosanidad* 12(3):187.
- Carreras B, Rodríguez D, Piedra F. 2009. Evaluación de cepas nativas de *Bacillus thuringiensis* Berliner para el control de *Heliothis virescens* Fabricius en el cultivo del tabaco en Cuba. *Fitosanidad* 13(4):277-280.
- Cazorla F, Romero D. 2007. Isolation and characterization of antagonistic *Bacillus subtilis* strains from the avocado rhizoplane displaying biocontrol activity. *J Appl Microbiol* 103(5):1950-1959.
- Chatterjee SN, Bhattacharya T, Dangar TK, Chandra G. 2007. Ecology and diversity of *Bacillus thuringiensis* in soil environment. *Afr J Biotechnol* 6(13):1587-1591.
- Collins DP, Jacobsen BJ. 2003. Optimizing a *Bacillus subtilis* isolate for biological control of sugar beet Cercospora leaf spot. *Biol Control* 26(2):153-161.
- Del Rincón-Castro MC, Méndez-Lozano J, Ibarra JE. 2006. Caracterización de cepas nativas de *Bacillus thuringiensis* con actividad insecticida hacia el gusano cogollero del maíz *Spodoptera frugiperda*. *Folia Entomol Mex* 45(2):157-164.
- Dong YH, Zhang XF, Zhang JL. 2004. Insecticidal *Bacillus thuringiensis* silences *Erwinia carotovora* virulence by a new form of microbial antagonism signal interference. *Appl Environ Microbiol* 70(2):954-960.
- Emmert EAB, Handelsman J. 1999. Biocontrol of plant disease: A (Gram-) positive perspective. *FEMS Microbiol Lett* 171:1-9.
- González A, Díaz D, Díaz M, Borrero Y, Bruzón R, Carreras B, Gato R. 2011. Characterization of *Bacillus thuringiensis* soil isolates from Cuba, with insecticidal activity against mosquitoes. *Rev Biol Trop* 59(3):1007-1016.
- Hang NTT, Oh SO, Kim GH, Hur JS, Koh YJ. 2005. *Bacillus subtilis* S1-0210 as a biocontrol agent against *Botrytis cinerea* in strawberry. *J Plant Pathol* 21(1):59-63.
- Hernández A, Acebo Y, Rives N, Almaguer M, Ricardo S, Hernández A, Heydrich M. 2010. Aplicación de bacterias promotoras del crecimiento vegetal (PGPB) para el control biológico de *Pyricularia grisea* en el cultivo del arroz (*Oryza sativa*). *Fitosanidad* 14(1):50-51.
- Khyami-Horani H, Al-Banna L. 2006. Efficacy of *Bacillus thuringiensis* jordanica against *Meloidogyne javanica* infecting tomato. *Phytopathol Mediterr* 45:153-157.
- Kloepper JW, Ryn CM, Zhang S. 2004. Induced systemic resistance and promotion of plant growth by *Bacillus* sp. *Phytopathol* 94:1259-1266.
- Knaak N, Rohr AA, Fiuza LM. 2007. In vitro effect of *Bacillus thuringiensis* strains and cry proteins in phytopathogenic fungi of paddy rice-field. *Braz J Microbiol* 38:526-530.
- Leelasuphakul W, Hemmanee P, Chuenchitt S. 2008. Growth inhibitory properties of *Bacillus subtilis* strains and their metabolites against the green mold pathogen (*Penicillium digitatum* Sacc.) of citrus fruit. *Postharv Biol Technol* 48(1):113-121.
- Mavingui P, Heulin T. 1994. In vitro chitinase and antifungal activity of a soil, rhizosphere and rhizoplane population of *Bacillus polymyxa*. *Soil Biol Biochem* 26:801-803.
- Mohammed SH, Anwer El, Saedy M, Enan MR, Ibrain NE, Ghareeb A, Moustafa SA. 2008. Biocontrol efficiency of *Bacillus thuringiensis* toxins against root-knot nematode, *Meloidogyne incognita*. *J Cell Mol Biol* 7(1):57-66.
- Mojica-Marín V, Luna-Olvera HA, Sandoval-Coronado CF, Pereyra-Alférez B, Morales-Ramos LH, González-Aguilar NA, Hernández-Luna CE, Alvarado-Gómez OG. 2009. Control biológico de la marchitez del chile (*Capsicum annuum* L.) por *Bacillus thuringiensis*. *Phyton* 78:105-110.
- Montealegre JR, Reyes R, Pérez LM, Herrera R, Silva P, Besoain X. 2003. Selection of bioantagonistic bacteria to be used in biological control of *Rhizoctonia solani* in tomato. *Elect J Biotechnol* 6:116-127.

- Morales de la Vega L, Barboza-Corona E, Aguilar-Uscanga MG, Ramírez-Lepe M. 2006. Purification and characterization of an exochitinase from *Bacillus thuringiensis* subsp. *aizawai* and its action against phytopathogenic fungi. *Can J Microbiol* 52:651-657.
- Obregón M. 2006. Evaluación *in vitro* e *in vivo* de cepas de *Streptomyces griseoviride* contra bacterias fitopatógenas en algunos cultivos agrícolas de Costa Rica. *Fitosanidad* 10(2):130.
- Pal KK, Gardener BM. 2006. Biological control of plant pathogens. The Plant Health Instructor. En: APSnet, www.apsnet.org/edcenter/advanced/topics/Documents/PHI-BiologicalControl.pdf; consulta: junio de 2011.
- Reinoso-Pozo Y, Vaillant-Flores D, Casadesús-Romero L, García-Pérez E, Pazos V. 2007. Selección de cepas de *Bacillus* y otros géneros relacionados para el control biológico de hongos fitopatógenos. *Fitosanidad* 11(1):35-40.
- Reitier B, Pfeifer U, Schwab H, Sessitsch A. 2002. Response of endophytic bacterial communities in potato plants to infection with *Erwinia carotovora* subs *Atroseptica*. *Appl Environ Microbiol* 68(5):2261-2268.
- Reyes-Ramírez A, Escudero-Abarca BI, Aguilar-Uscanga G, Hayward-Jones PM, Barboza-Corona E. 2004. Antifungal activity of *Bacillus thuringiensis* chitinase and its potential for the biocontrol of phytopathogenic fungi in soybean seeds. *J Food Science* 69:131-134.
- Rodas JBA, Quero BM, Magaña SHF, Reyes R. 2009. Selección de cepas nativas con actividad Quitino-Proteolítica de *Bacillus* sp. aisladas de suelos tropicales. *Rev Colomb Biotecnol* 11(1):107-113.
- Rosas-García NM, Mireles-Martínez M, Hernández-Mendoza JL, Ibarra JE. 2008. Screening of cry gene contents of *Bacillus thuringiensis* strains isolated from avocado orchards in Mexico, and their insecticidal activity towards *Argyrotaenia* sp. (Lepidoptera: Tortricidae) larvae. *J Appl Microbiol* 104:224-230.
- Senghor AL, Liang WJ, Ho WC. 2007. Integrated control of *Colletotrichum gloeosporioides* on mango fruit in Taiwan by the combination of *Bacillus subtilis* and fruit bagging. *Biocontrol Sci Technol* 17(8):865-870.
- Snook ME, Mitchell T, Hinton DM, Bacon CW. 2009. Isolation and characterization of leu7-surfactin from the endophytic bacterium *Bacillus mojavensis* RRC 101, a biocontrol agent for *Fusarium verticillioides*. *J Agric Food Chem* 57(10):4287-4292.
- Soldano A, Garate V, Vaccari MC, Latorre Rapela G, Lurá MC, González AM. 2010. Inhibición del crecimiento de *Cercospora kikuchii* por especies de *Bacillus* y efecto sobre la acumulación de cercosporina. *FABICIB* 14:97-106.
- Sosa A, Carreras B, Fernández-Larrea O, Torres D. 2006. Aislados de *Bacillus* spp. promisarios para el control de hongos fitopatógenos. *Fitosanidad* 10(2):55.
- Stefanova M. 2006. Desarrollo, alcance y retos del biocontrol de fitopatógenos en Cuba. En: *Biocontrol de Fitopatógenos con Trichoderma y Otros Antagonistas*. La Habana: INISAV.
- Stefanova M. 1990. Lista de bacterias fitopatógenas de Cuba. La Habana: Cidisav; INISAV.
- Stefanova M, Franco Y, Coronado MF, Villa PM. 2007. Efecto antagonista *in vitro* de *Pseudomonas aeruginosa* cepa PSS contra aislamientos de *Pectobacterium carotovorum* y *Dickeya chrysanthemi*. *Fitosanidad* 11(4):47-49.
- Strobel GA, Rodríguez M. 2005. Pseudomicinas utilizadas contra las enfermedades de las plantas. Patente 2243539. Bozeman, MT: The Research and Development Institute.
- Támez P, Iracheta MM, Pereira B, Galán LJ, Gómez R, Támez R, Rodríguez C. 2007. Caracterización de cepas mexicanas de *Bacillus thuringiensis* tóxicas para larvas de lepidópteros y coleópteros. *Ciencia UANL* 8(4):477-482.
- Tejeda G, Rodríguez J, García R, Martínez VR, Dibut B, Castellanos JJ, Gutiérrez L, Plana L, Ríos Y, Simanca ME, Ortega M, Lamela C, Martínez A, Izquierdo L, Croche G, Fey L. 2006. Efectividad del Biobac, obtenido a partir de *Bacillus subtilis* (cepa INIFAT-101) como biocontrolador de enfermedades y estimulador del crecimiento vegetal. *Fitosanidad* 10(2):141-142.
- Weathersbee AA, Lapointe FL, Shatters RG. 2006. Activity of *Bacillus thuringiensis* isolates against *Diaprepes abbreviatus* (coleoptera: curculionidae). *Fla Entomologist* 89(4):441-448.