

Control de *Fusarium spp.* y *Bacillus subtilis* mediante metabolitos de *Xenorhabdus bovienii* mutualista de *Steinernema feltiae*

Control of *Fusarium spp.* and *Bacillus subtilis* through metabolites of *Xenorhabdus bovienii* mutualist of *Steinernema feltiae*

María Claudia Leguizamó^{1*}, Marina Sánchez de Prager¹, Javier Martínez², Diana Vela², Sharon Clavijo¹ y Alexandra García¹

¹Universidad Nacional de Colombia sede Palmira, Facultad de Ciencias Agropecuarias. ²Facultad de Ciencias, UN-Bogotá
Autora para correspondencia: mariaclaulb@gmail.com

Rec.:14.11.2013 Acep.: 30.01.2014

Resumen

En el estudio se evaluó la actividad antimicrobiana de metabolitos de *Xenorhabdus bovienii* (Enterobacteriaceae), mutualista del nematodo entomoparásito *Steinernema feltiae* (Filipjev, 1934) clamidosporas, Cephalobina, Steinernematidae sobre *Fusarium spp.* y *Bacillus subtilis*. *Xenorhabdus bovienii*, se extrajo a partir de larvas de *Galleria mellonella* infectadas con *S. feltiae* e incubadas en biorreactor. Su crecimiento fue medido en intervalos de 4 h durante 96 h de cultivo, en las cuales se extrajeron metabolitos por las metodologías: compuestos orgánicos, proteínas, indol, metanol, columna para cromatografía y butanol. Se utilizaron cuatro concentraciones de metabolitos de *X. bovienii* que se probaron contra *B. subtilis* y *Fusarium spp.*, en semillas de tomate variedad Santa Clara mediante la medición del halo de inhibición (mm) por la presencia de macro y microconidias y clamidosporas. *Xenorhabdus bovienii* presentó mayor crecimiento y presencia de metabolitos entre 16 y 40 h de incubación. La máxima inhibición ocurrió con concentraciones de 100% durante los primeros muestreos. En *Fusarium spp.*, la inhibición del crecimiento micelial coincidió con menor presencia de macro- y microconidias y clamidosporas. No se encontraron efectos fitotóxicos de los metabolitos probados sobre las plántulas de tomate.

Palabras clave: *Bacillus subtilis*., control biológico, *Fusarium spp.*, metabolitos secundarios, *Xenorhabdus bovienii*.

Abstract

The antimicrobial activity of metabolites of *Xenorhabdus bovienii* (Enterobacteriaceae) was evaluated, mutualist of the entomoparasite nematode *Steinernema feltiae* (Filipjev, 1934 Cephalobina, Steinernematidae) over *Fusarium spp.* and *B. subtilis*. *X. bovienii* was purified from *Galleria mellonella* larvae infected with *S. feltiae* and extracted in a bioreactor. Its growth was sampled at intervals of 4h for 96h of culture, a time on which metabolites were extracted by using six methods: organic compounds, proteins, Indole compounds, methanol, column chromatography and butanol. The metabolites extracted from *X. bovienii* at four concentrations were faced with *B. subtilis* and *Fusarium spp.* in tomato seeds, Santa Clara's variety. The inhibition halo (mm) was assessed for *B. subtilis* and for *Fusarium* in the presence of macro, microconidia, and chlamydo spores. Phytotoxicity was assessed *X. bovienii* showed higher growth and the presence of metabolites in the first 16-20 h of incubation up to 40h. The maximum inhibition occurred at concentrations of 100% and early sampling. In *Fusarium spp.* mycelial growth inhibition coincided with a lower presence of macro, microconidia, and chlamydo spores. No

phytotoxic effects of the metabolites tested were observed. The potential of *X. bovienii* was tested for control of *Fusarium* spp. and *B. subtilis* as a microorganism sensitive to changes by these metabolites.

Key Words: *Bacillus subtilis*, biological control, *Fusarium* spp, secondary metabolites, *Xenorhabdus bovienii*.

Introducción

El tomate (*Solanum lycopersicum* L.) es una hortaliza de importancia económica en el Valle del Cauca, Colombia, donde se siembra en monocultivo por pequeños productores, sistema que ha incidido en el aumento de plagas y enfermedades que incrementan considerablemente los costos de producción. Varias especies del género *Fusarium* causan daños considerables en el tallo y la raíz de la planta de tomate, un hongo cuyas estructuras de resistencia (clamidosporas) pueden permanecer en el suelo durante años. Para el control de patógenos en tomate es frecuente la aplicación no controlada de altas dosis de productos de síntesis química, no obstante aquellos mutan y se adaptan con facilidad a las nuevas condiciones, lo que afecta el medio ambiente (Infoagro, 2011). Por lo anterior, es cada vez más urgente el uso de prácticas de control biológico que, comparadas con el uso de productos de síntesis química, son menos contaminantes del medio ambiente, ya que estos controladores y antagonistas tienen varias estrategias de acción; entre ellas la producción de metabolitos secundarios presentes en los organismos o sus simbioses, los cuales pueden ser aislados y multiplicados para uso en este tipo de control (Xu, 1998).

El complejo *S. feltiae* - *X. bovienii* posee un amplio rango de hospederos y habilidades para buscar e introducir sus bacterias mutualistas dentro del cuerpo de los insectos, ocasionando septicemia dentro de 24 a 48 h siguientes y superando las reacciones inmunológicas presentadas en la hemolinfa como defensa celular (Parada *et al.*, 2006; Martínez, 2010).

La cepa Colombia del ciclo de vida del complejo *S. feltiae* - *X. bovienii* ha sido ampliamente documentado por Triviño (2006) y Martínez (2010). La capacidad de control biológico de este complejo se basa en el hecho de que la bacteria produce metabolitos secundarios con capacidad antibiótica, que actúan como alternativas de defensa y comu-

nicación con otras especies. En *X. bovienii* se distinguen las fases de crecimiento FI y FII, las cuales en medio de cultivo se diferencian por su morfología, fisiología y expresión (Xu, 1998; Triviño, 2006).

En cultivos o en soluciones puras de especies de *Xenorhabdus* se han encontrado fuentes naturales de antibióticos como indoles, xenorhabdinas y xenocumacinas, que son de uso tanto para el área médica como en agronomía (Xu, 1998). Aunque en Colombia en la última década ha crecido el interés y la demanda por el uso de los nematodos entomoparásitos para el control de estas plagas (Parada *et al.*, 2006), poco se ha explorado la actividad antimicrobiana de las bacterias asociadas con *Xenorhabdus* sp. y *Photorhabdus* sp., simbioses de *Steinernema* spp. y *Heterorhabditis* sp., respectivamente. Este trabajo tuvo como objetivo contribuir al desarrollo de esta alternativa de control biológico y evaluar la actividad antimicrobiana de algunos metabolitos secundarios de la bacteria *X. bovienii* mutualista del nematodo entomoparásito *S. feltiae* (Filipjev, 1934) sobre aislados de *Fusarium* spp., habitante de suelo y de la rizosfera del cultivo de tomate.

Materiales y métodos.

El trabajo comprendió tres etapas: (1) obtención de cultivos puros de los microorganismos *Fusarium* spp., *X. bovienii* y *B. subtilis*, siendo esta última la bacteria control, dada su alta susceptibilidad a metabolitos de *X. bovienii* (Xu, 1998); (2) pruebas de patogenicidad para seleccionar los aislamientos de *Fusarium* spp., altamente patogénicos sobre tomate variedad Santa Clara. En esta misma etapa se determinó la cinética de crecimiento y se obtuvieron los metabolitos secundarios de caldo bacteriano de *X. bovienii* mediante seis metodologías de extracción; y (3) se evaluó la actividad antimicrobiana de los metabolitos sobre *B. subtilis* y *Fusarium* spp., su toxicidad

sobre semillas y plántulas de tomate variedad Santa Clara.

Los muestreos de campo se realizaron en 2008, en los municipios de Santa Elena (SE), Guacarí (Gu), Media Canoa (MC), El Bolo (B), y Toro, en el departamento del Valle del Cauca, y en Puerto Tejada (PT) en el departamento del Cauca. Las muestras de suelo, tomadas en los cultivos y consistentes en rizosfera y material vegetal con posibles síntomas de *Fusarium* fueron analizadas en el Laboratorio de Microbiología de la Universidad Nacional de Colombia, sede Palmira. En los aislamientos se identificó *Fusarium* spp., el cual en forma pura se utilizó para las pruebas de patogenicidad en semillas de tomate variedad Santa Clara (Duarte, 2007). Como indicador se empleó un cultivo puro de *B. subtilis*, facilitado por la Universidad Nacional de Colombia sede Bogotá, y altamente sensible a metabolitos de *X. bovienii* (Xu, 1998).

La obtención de los metabolitos secundarios de *X. bovienii* se hizo a partir de larvas de *Galleria mellonella* infectadas con *S. feltiae* e incubadas en biorreactor 3L con medio NBTA; posteriormente se estimó la cinética de crecimiento en intervalos de muestreo cada 4 h durante 96 h de cultivo. Del material recolectado se extrajeron metabolitos con los métodos propuestos por Xu (1998): 1. Compuestos orgánicos, 2. Proteínas, 3. Compuestos de indol, 4. Metanol, 5. Columna para cromatografía, y 6. Butanol.

Los metabolitos de *X. bovienii* fueron evaluados contra *B. subtilis* y *Fusarium* spp., en cuatro concentraciones (100, 75, 50 y 25%) para cada metodología de extracción, en donde se utilizaron sensidiscos (papel filtro, Wathman) durante 40 segundos, durante los cuales se observó la formación de halos de inhibición (mm), que fueron medidos 24 h después de sembrados e incubados con ambos microorganismos. Además, se observó la presencia de macro y microconidias y clamidosporas presentes en los medios de cultivo CLA (Carnation Leafpiece- Agar) y SNA (Spezieller Nahorstoffarer Agar) (Lara et al., 2010).

Para el estudio de la fitotoxicidad de estos metabolitos sobre los patógenos, las semillas de tomate impregnadas con cada

solución se dividieron en cuatro grupos que fueron colocados en cajas de Petri con cada una de las cuatro diluciones, según las horas de cada tratamiento. Al finalizar este periodo fueron sembradas en suelo estéril y llevadas a cámara de crecimiento controlado. El monitoreo se hizo durante diez días hasta la obtención de plántulas de 10 cm de longitud, aproximadamente, teniendo en cuenta la formación de zonas decoloradas y la presencia de manchas. Los tratamientos se dispusieron en un diseño completamente al azar, los datos se analizaron con el programa SAS[®] 9.2 y las comparaciones entre medias por la prueba de Duncan ($P < 0.05$).

Resultados y discusión

Aislamiento de los microorganismos

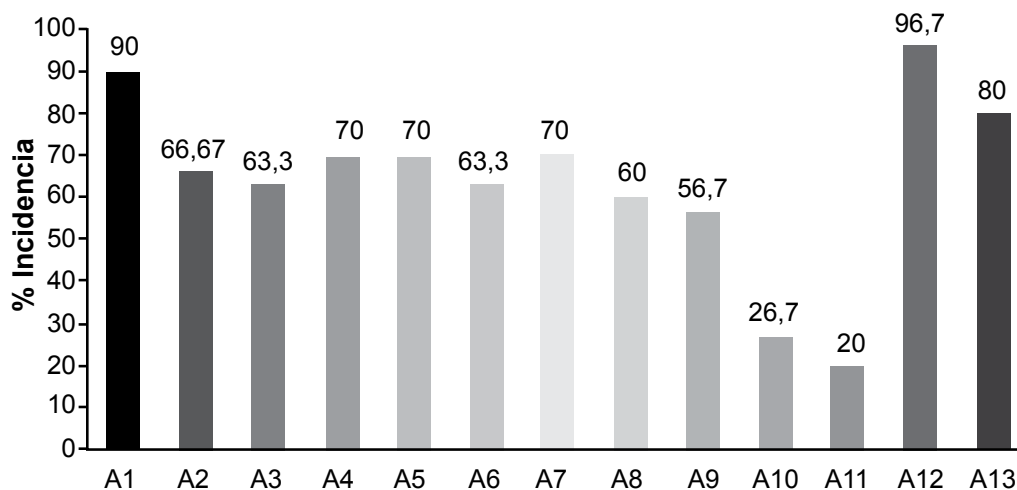
De acuerdo con la escala de daño propuesta por Duarte (2007) – 0 = semilla sana; 1 = daño de una porción de la semilla en contacto con el micelio; 2 = tegumento de la semilla invadido por micelio y esclerocios, pero la plántula aparenta estar sana; 3 = tegumento de la semilla libre del hongo, pero la plántula infectada; 4 = Tegumento de la semilla y plántula infectadas; 5 = Semilla infectada y no germinada – en este estudio de trece aislamientos, seis presentaron una severa incidencia de patógenos.

Los aislamientos de *Fusarium* spp., obtenidos en los muestreos efectuados en el departamento del Valle del Cauca mostraron la mayor ocurrencia, siendo más incidentes A12 (SETM1M4), A1 (GUM1R2), A13 (SETMF1M6), A4 (GUM5R2), A5 (GUM6R1) y A7 (BTa1). El grado de incidencia sobre estos tres últimos fue similar ($P > 0.05$). Por su parte *B. subtilis* fue identificada como Cepa C-4. (Figura 1).

Cinética de crecimiento y extracción de metabolitos de *X. bovienii*

El cultivo puro de *X. bovienii* obtenido en biorreactor presentó un crecimiento diferente durante las 96 h de evaluación. En la curva de crecimiento la mayor pendiente ocurrió entre 16 y 20 h seguido por una fase de crecimiento con pendiente constante hasta 32 h, a partir de este punto y hasta 72 h sucedió una atenuación de crecimiento para estabilizarse

Figura. 1. Porcentajes de incidencia de los trece aislamientos de *Fusarium* spp. sobre semillas de tomate variedad Santa Clara.



A1: GuM1R2, A2: GuM3r, A3: GuM4, A4: GuM5R2, A5: GuM6R1, A6: MCM1, A7: BTA1, A8: BTU2, A9: BTA3, A10: PTM5R3, A11: PTM5R2, A12: SETM1M4, A13: SETMF1M6 (Figura 1), donde se hace referencia a los municipios de muestreo como: GU = Guacari, MC = Media Canoa, B = Bolo, PT = Puerto Tejada, y SE = Santa Elena.

hasta 96 h. Después del secado en rotavapor al final de 36 h se obtuvo 1 ml de un líquido de consistencia aceitosa y color ámbar, el cual aumentó hasta un promedio máximo de 1.5 ml, para lograr finalmente un concentrado máximo de 500 µl.

Actividad antimicrobiana de los metabolitos secundarios sobre *Bacillus subtilis*.

El método de extracción del metabolito, las concentraciones evaluadas y el tiempo de exposición, así como la interacción de estos

últimos mostraron diferencias ($P < 0.05$) (Cuadro 1)

Con excepción de las proteínas (Vela, 2009), los metabolitos extraídos por las cinco metodologías utilizadas disminuyeron significativamente el crecimiento de esta bacteria (Cuadro 2). La mayor inhibición ocurrió cuando el metabolito se utilizó puro sin dilución (100%) y la mayor antibiosis sobre *B. subtilis* se presentó cuando los metabolitos de *X. bovienii* se extrajeron entre 8 y 12h.

Cuadro 1. Análisis de varianza del efecto inhibitorio sobre *Bacillus subtilis* de metabolitos secundarios de *X. bovienii* obtenidos por diferentes métodos de extracción, tiempos y concentraciones.

F.V.	G.I.	<i>Bacillus subtilis</i>	
		CM	Pr > F
Método de extracción	4	1.349	<.0001
Concentración (C)	3	2.064	<.0001
Tiempo (T)	17	0.129	<.0001
C x T	51	0.023	0.0099
Promedio	—	1.136	—
CV (%)	—	9.4	—

Cuadro 2. Promedios (mm) del halo de inhibición del crecimiento de *B. Bacillus subtilis* como respuesta a la exposición de los metabolitos secundarios obtenidos por los diferentes métodos de extracción analizados.

Método	Promedio
Butanol	1.381 a*
Columna ^a	1.281 a
Indol	1.261 a
Orgánicos	1.269 a
Metanol	0.574 b

* Promedios seguidos de letras iguales no difieren estadísticamente ($P > 0.05$) al nivel de probabilidad de 5%.

a. Columna para cromatografía.

Sobre *Fusarium spp.*

El método de extracción y la concentración de los metabolitos de *X. bovienii* así como el tiempo de exposición mostraron diferencias ($P < 0.05$) en los halos de inhibición (Cuadro 3). Al igual que en *B. subtilis*, los halos de inhibición de los aislamientos mostraron mayor efecto cuando se aplicó la concentración 100% y extracciones entre 0 y 40 h.

Esporulación y formación de estructuras de aislamientos de *Fusarium spp.*

Se encontraron diferencias ($P < 0.05$) entre aislamientos y medios de cultivo (CLA y SNA) para la expresión de macro y microconidias, no así para clamidosporas, en las cuales sólo se detectaron cambios entre medios de cultivo. El tiempo de incubación durante el cual se extrajeron los metabolitos secundarios afectó significativamente estas tres estructuras.

Para las clamidosporas, el medio de cultivo más favorable fue CLA, ya que carece

de fuentes de carbohidratos, lo que estimula la formación de estructuras de resistencia durante las primeras 20 h. Para las macro y microconidias, las interacciones no presentaron diferencias ($P > 0.05$) lo que indica que la presencia y expresión de estas estructuras sólo fueron dependientes del medio de cultivo y del tiempo de extracción del metabolito (Cuadros 4 y 5).

Fitotoxicidad de los metabolitos

Los metabolitos aplicados en concentraciones entre 25% y 100% no afectaron el desarrollo del cultivo de tomate variedad Santa Elena. Según Xu (1998) en el ciclo de vida de *X. bovienii* en simbiosis con el nematodo *S. feltiae*, una vez la bacteria es liberada por el nematodo, su población se multiplica rápidamente y produce varios metabolitos que superan el sistema inmunológico del insecto que les sirve como hospedero, ocasionándole la muerte por septicemia dentro de las 24 a

Cuadro 3. Promedios de halos de inhibición (mm) de los aislamientos de *Fusarium spp.* vs. metabolitos de *Xenorhabdus bovienii* extraídos mediante cinco métodos

Aislado	Método de extracción de metabolitos				
	Butanol	Metanol	Orgánicos	Indol	Columna ^a
BTU2	0.80 a*	0.73 b	0.59 c	0.54 d	0.48 e
GMU1R2	0.52 d	0.73 b	0.80 a	0.56 cd	0.58 c
GM5R2	0.94 a	0.64 c	0.73 c	0.81 b	0.95 a
GM6R1	0.51 d	0.74 b	0.88 a	0.58 c	0.56 c
SETM1M4	0.49 c	0.79 b	1.13 a	0.49 c	0.43 d
SETMF1M6	0.45 e	0.73 b	0.81 a	0.62 c	0.53 d

* Promedios en una misma columna seguidos de letras iguales no difieren estadísticamente ($P > 0.05$) al nivel de probabilidad de 5%. a. Columna para cromatografía

Cuadro 4. Análisis de varianza del efecto de dos medios de cultivo probados en la expresión de macro-, microconidias y clamidosporas de seis aislamientos de *Fusarium* spp.

F.V.	G.l.	Macroconidias		Microconidias		Clamidosp.	
		CM	Pr > F	CM	Pr > F	CM	Pr > F
Aislamiento (A)	5	440933.8	<0.0001	1943895.3	0.1622	1312	0.1622
Medio (M)	1	43447.0	<0.0001	153365.7	0.0023	7743.2	0.0023
A x M	8	4893.0	0.282	27347.6	0.001	3528.2	0.001
Tiempo (T)	17	7856.6	<0.0001	39055.5	0.0003	2260.2	0.0003
T x A	85	264.2	0.0245	13574.5	< 0.0001	1650.4	< 0.0001
T x M	17	1690.8	0.6040	6146.6	0.0729	1284.5	0.0729
T x A x M	85	2127.3	0.2684	5794.4	< 0.0001	1543.5	< 0.0001
Promedio	324	—	645	—	172.8	—	—
CV(%)	13.6	—	14.0	—	16.6	—	—

Cuadro 5. Efecto del tiempo (h) de extracción de los metabolitos secundarios sobre la expresión de macro-, microconidias y clamidosporas de los seis aislamientos de *Fusarium* spp

Macroconidias		Microconidias		Clamidosporas	
Tiempo (horas)	Prom.	Tiempo (horas)	Prom.	Tiempo (horas)	Prom.
96	352.3 a*	96	706.2 a	32	189.2 a
72	339.2 ab	72	678.6 ab	4	188.8 a
80	336.0 ab	80	672.2 abc	88	179.6 ab
94	336.0 ab	94	671.9 abc	96	178.6 abc
56	335.7 ab	56	671.4 abc	80	176.1 abc
32	334.8 ab	32	669.5 abc	48	175.9 abc
88	334.2 ab	88	668.6 abc	72	175.6 abc
48	330.1 abc	48	660.3 abcd	44	173.3 bc
44	328.3 bcd	44	656.6 bcd	56	172.4 bc
4	326.1 bcd	40	646.2 bcd	64	172.3 bc
40	323.1 bcd	36	634.9 bcde	40	171.6 bc
12	309.6 cde	12	619.1 def	28	170.7 bc
28	308.6 cde	28	617.2 def	24	165.5 bc
20	308.2 cde	20	616.4 def	8	165.5 bc
24	308.1 cde	24	616.2 def	12	164.2 bc
8	305.8 de	16	597.1 ef	16	162.7 c
16	298.5 e	4	581.3 f	20	162.3 c

* Promedios en una misma columna seguidos de letras iguales no difieren estadísticamente ($P > 0.05$) al nivel de probabilidad de 5%.

48 h siguientes. La respuesta inhibitoria a los metabolitos extraídos de *X. bovienii* en todas las metodologías probadas sobre *B. subtilis* y los aislamientos de *Fusarium* spp. (con excepción de proteínas) fue alta especialmente

en las primeras horas de incubación (4, 8, 12, 16, 20 h).

Xenorhabdus bovienii digiere rápidamente el insecto hospedero y lo hace disponible para ser utilizado como alimento del nema-

todo *S. feltiae*, además, produce metabolitos secundarios que evitan la infección y proliferación de organismos oportunistas (hongos, bacterias e inclusive otros nematodos) en el cadáver de la larva parasitada. No obstante, la presencia de estos compuestos antimicrobianos depende de las horas de muestreo y de los métodos de extracción, identificando algunos metabolitos como xenorhabdinas, nematofinas y xenocumacinas, entre otros (Xu, 1998).

Los resultados en este estudio muestran potencialidades de biocontrol de *Fusarium spp.*, por parte de *X. bovienii* considerando, posiblemente, no sólo metabolitos aislados sino el medio de cultivo en su conjunto (compuestos integrantes del medio ricos en nutrientes, metabolitos secretados por la bacteria e inclusive, las poblaciones de *X. bovienii*).

Conclusiones

- Con una probabilidad de 95% se puede asegurar que *B. subtilis* es altamente sensible a la actividad antibiótica de *X. bovienii* y fue válido utilizar esta bacteria como microorganismo indicador.
- Se observó la efectividad de los metabolitos secundarios obtenidos sobre el hongo *Fusarium spp.*, afectando sus estructuras de resistencia.
- No obstante este hongo se sigue presentando como un limitante en diversos cultivos incluyendo tomate. Se requiere, por tanto, desarrollar nuevas alternativas de control biológico con otros organismos que puedan sustituir o complementar los controladores de síntesis química, tal como la planteada en este trabajo.
- Los metabolitos secundarios de la bacteria *X. bovienii* no presentaron actividad fitotóxica en semillas ni en plántulas de tomate variedad Santa Clara.
- Independiente del método de extracción, la mayor antibiosis sobre *B. subtilis* se presentó cuando los metabolitos de *X. bovienii* se extrajeron entre 8 y 12 h, tiempo en el cual ocurre la fase I de crecimiento de la bacteria y se expresa la mayor cantidad de metabolitos secundarios con propiedades antibióticas.

Agradecimientos

A Colciencias por la financiación del Macroproyecto Escalado y Formulación Industrial de *Steinernemafeltiae* (Cephalobina: Steiner-nematidae) Cepa Colombiana y su Bacteria Simbionte *Xenorhabdus bovienii* (Enterobacteriaceae) para el Control de Insectos y Fito-patógenos, que dio origen y apoyo parcial a esta investigación. A la Dirección de Investigaciones – UN Palmira (DIPAL), a los empleados del Laboratorio de Microbiología (Facultad de Ciencias Agropecuarias– Palmira), Biología (Facultad de Ciencias -Bogotá) y Malherbología (Facultad de Agronomía-Bogotá), por el apoyo en infraestructura, conocimiento y calidad humana. A Rosa Cristina Martínez por su colaboración en la revisión y estructuración del documento.

Referencias

- Duarte, S. 2007. Pruebas de patogenicidad de microorganismos aislados de palmas, afectadas por marchitez letal. Tesis de Grado. Microbiología Agrícola y Veterinaria, Pontificia Universidad Javeriana Facultad de Ciencias en Microbiología Agrícola y Veterinaria, Bogotá D.C. 112 p.
- Fodor A; Fodor A.; Forst S.; Hogan J.; Klein M.; Lengyel K.; Sáring G.; Stackebrandt E.; Taylor, R.; y Lehoczky, E. 2010. Comparative analysis of antibacterial activities of *Xenorhabdus* species on related and non-related bacteria in vivo. *J. Microbiol. Antimicrob.* 2(4):36 - 46.
- Infoagro. 2005. El cultivo del tomate. Disponible en: <http://www.infoagro.com/hortalizas/tomate.htm>. [Revisado: 13 septiembre de 2011].
- Lara, C; Mendoza, C.; y Oviedo, L. 2010. Productividad y selectividad del medio de cultivo a partir de guayaba agria (*Psidium araca*) en el crecimiento de levaduras nativas del género *Candida* sp., *Rev. Col. Biotechn.* 12(2):119 - 125.
- Martínez, J. 2010. Determinación de parámetros básicos de escalamiento en la producción del nematodo entomoparásito *Steinernema feltiae* como controlador biológico de insectos plaga en medio líquido. Tesis de Grado M.Sc. Ingeniería Química, Universidad Nacional de Colombia Facultad de Ingeniería, Departamento de Ingeniería Química y Ambiental, Maestría en Ingeniería Química, Bogotá D.C. 122 p.
- Parada, J; Luque, E; y Piedrahita, W. 2006. Nematodos entomoparásitos. Experiencias y perspectivas, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá. 197 p.

- Triviño, J. 2006. Biología Básica de *Steinernema feltiae* En: Parada, J.; Luque, J.; Piedrahita C. (eds.). Nemátodos entomoparásitos. Experiencias y perspectivas. Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, p. 42 - 59
- Vela, D. 2009. Informe final de metodologías de obtención de metabolitos secundarios con capacidad antibiótica, dentro del proyecto escalado y formulación industrial de *Steinernema feltiae* (Cephalobina Steinernematidae) cepa Colombia y su bacteria simbiote *Xenorhabdus bovienii* (Enterobacteriaceae) para el control de insectos y fitopatógenos”, Estudiante de Química Universidad Nacional de Colombia Sede Bogotá.
- Xu, Ch., 1998. The stability and cytotoxic properties of Xenorhabdies and Xenorhabdins, Secondary metabolites of the entomopathogenic nematode symbiont, *Xenorhabdus bovienii* (enterobacteriaceae). Tesis, M.Sc., Simon Fraser University. 222p.