

---

# CONTROL BIOLÓGICO DE ÁCAROS PLAGA A TRAVÉS DE *Bacillus Thuringiensis*

---

TORRES CABRA, Eneida<sup>1</sup>  
HERNÁNDEZ FERNÁNDEZ, Javier<sup>2</sup>

## RESUMEN

1. Grupo de Investigación INPANTA  
Facultad de Ciencias Agrarias  
Fundación Universitaria Juan de  
Castellanos  
etorres@jdc.edu.co

2. Departamento de Ciencias Naturales  
y Ambientales, GENBIMOL  
Facultad de Ciencias e Ingeniería  
Universidad Jorge Tadeo Lozano  
javier.hernandez@utadeo.edu.co

---

*Tipo: artículo de revisión*  
*Recibido: 19/01/2015*  
*Aceptado: 01/04/2015*

Existen aproximadamente 55.000 especies de Acari, muchas de estas son parásitos y afectan plantas, animales y seres humanos, causando pérdidas económicas y problemas de salud pública. Uno de los agentes biológicos más utilizados para el control de insectos y ácaros plaga es *Bacillus thuringiensis*, bacteria entomopatógena, ubicua, que en ensayos de campo ha mostrado toxicidad sobre ácaros parásitos de animales y plantas. El propósito de esta revisión fue analizar el estado del arte de la utilidad de *B. thuringiensis* sobre el control de ácaros plaga.

**Palabras clave:** Acari, control biológico, delta-endotoxinas, esporulación, toxicidad.

## BIOLOGICAL CONTROL OF MITE PLAGUE THROUGH *Bacillus Thuringiensis*

### ABSTRACT

There are approximately 55,000 species of Acari, many of them are parasites and affect plants, animals and humans, causing economic losses and public health problems. One of the most used biological agents for the control of insects and pest mites is *Bacillus thuringiensis*, an entomopathogenic, ubiquitous bacterium that in field trials has shown toxicity to parasitic mites of animals and plants. The purpose of this review is to analyze the state of the art of the usefulness of *Bacillus thuringiensis* on the control of plague mites.

**Keywords:** Acari, biological control, delta-endotoxins, sporulation, toxicity.

## CONTROLE BIOLÓGICO DE ÁCAROS PRAGA ATRAVÉS DO *Bacillus Thuringiensis*

### RESUMO

Existem aproximadamente 55.000 espécies de Acari, muitas delas são parasitas e afetam plantas, animais e humanos, causando prejuízos econômicos e problemas de saúde pública. Um dos agentes biológicos mais utilizados no controle de insetos e ácaros praga é o *Bacillus thuringiensis*, uma bactéria entomopatogênica e onipresente que, em testes de campo, demonstrou toxicidade para ácaros parasitas de animais e plantas. O objetivo desta revisão foi analisar o estado da arte da utilidade de *B. thuringiensis* no controle de ácaros praga.

**Palavras-chave:** Acari, controle biológico, delta-endotoxinas, esporulação, toxicidade.

## CONTRÔLE BIOLOGIQUE DE LA PLAQUE DES MITES À TRAVERS *Bacillus Thuringiensis*

### RÉSUMÉ

Il y a environ 55 000 espèces d'acariens, dont beaucoup sont des parasites et affectent les plantes, les animaux et les humains, causant des pertes économiques et des problèmes de santé publique. L'un des agents biologiques les plus utilisés pour la lutte contre les insectes et les acariens nuisibles est *Bacillus thuringiensis*, une bactérie entomopathogène et omniprésente que dans quelques essais sur le terrain, a montré une toxicité pour les acariens parasitaires des animaux et des plantes. Le but de cette revue est d'analyser l'état de l'art de l'utilité de *Bacillus thuringiensis* sur le contrôle des acariens de la peste.

**Mots-clés :** Acari, contrôle biologique, delta-endotoxines, sporulation, toxicité.

## INTRODUCCIÓN

Los ácaros son pequeños organismos con alta tasa reproductiva, presentan un ciclo de vida corto de fácil diseminación y adaptación a diversos ambientes (Ochoa *et al.*, 1991). Están en todos los hábitats de la tierra, incluyendo: aguas termales, lagos antárticos e hipersalinos (Stevens & Hogg, 2006; Moreno *et al.*, 2008), con excepción del océano abierto (Walter & Proctor, 2013). En cuanto a hábitos de vida son variados, pues estos son parásitos de insectos, vertebrados, animales domésticos, plantas y del hombre, incluso algunas especies contaminan productos y alimentos almacenados (Ochoa *et al.*, 1991).

Las poblaciones de ácaros, plaga de plantas y animales, aumentan a causa de la resistencia que han adquirido por el uso indiscriminado de acaricidas químicos y a la alta presión de selección a las que son sometidos con el control químico (Ochoa *et al.*, 1991; Milani, 1999). Para contrarrestar esta problemática, el control biológico es

una alternativa y la bacteria *B. thuringiensis* es una de las más utilizadas para tal fin (González *et al.*, 2011).

*B. thuringiensis* es una bacteria entomopatógena, formadora de esporas, caracterizada por poseer una variedad de plásmidos, los cuales contienen genes que codifican para proteínas insecticidas, conocidas como  $\delta$ -endotoxinas o proteínas Cry (Crickmore *et al.*, 1998). Su importancia radica en la toxicidad contra larvas de insectos plaga, de los órdenes Lepidoptera, Coleoptera, Diptera, Himenoptera, Homoptera, Ortoptera y Mallophaga (Phthiraptera); y en otros organismos como nemátodos, ácaros, protozoarios y platelmintos (Höfte & Whiteley, 1989; Feitelson, 1993; Bravo *et al.*, 1998; García-Robles *et al.*, 2001; Xu *et al.*, 2004; van Frankenhuyzen, 2009). Por tanto, el objetivo de esta revisión fue analizar el estado del arte sobre la utilidad de *B. thuringiensis* para controlar ácaros plaga en plantas y animales.

## CARACTERÍSTICAS Y TAXONOMÍA DE LOS ÁCAROS

Los ácaros pertenecen al phylum Artrópoda (Siebold & Stannius 1845), Subphylum Chelicerata, clase Aracnoidea (Lamarck 1815), orden Acari (Nitzsch 1818) según la base de datos ARCTOS (2017) (Savory, 1972). Los individuos de este orden se caracterizan por tener el cefalotórax y el abdomen fusionados (Calderón *et al.*, 2005), dentro de este grupo se encuentran los ácaros y garrapatas. De acuerdo con Zhang (2013) se han descrito 55.214 especies de Acari, es el grupo más diverso

de arácnidos. Los ácaros se pueden dividir en dos linajes denominados: Anactinotrichida (Parasitiformes: Opilioacarida, Gamasida, Ixodida y Holothryrida) y Actinotrichida (Trombidiformes: Prostigmata y Endeostigmata; y Sarcoptiformes: Endeostigmata, Oribatida y Astigmata) (Dunlop & Alberti, 2007); la clasificación de Coddington *et al.* (2004) reconoce los superórdenes: Opilioacariformes, Acariformes y Parasitiformes.

Acari es considerado un taxón compuesto por especies morfológicamente diferentes (Dunlop & Alberti, 2007). Los ácaros son pequeños, con larvas hexápodos (de seis patas), el patrón de desarrollo acarino básico es: huevo, prelarva, larva, protoninfa, deutoninfa, tritoninfa y adulto (Walter & Proctor, 2013). Todos los ácaros tienen una sección anterior que se asemeja a una pequeña cabeza (el gnatosoma o capitulum) que incluye los dos miembros que se destinan a la alimentación: los quelíceros que se encuentran por encima de la abertura oral, los pedipalpos y las coxas (primer artejo de la pata, por el cual esta se une al tórax) están fusionadas para formar el hipostoma. El resto del cuerpo está más o

menos fusionado en un idiosoma que contiene órganos digestivos, excretorios y reproductores. Excepto en Sarcoptiformes, el movimiento es generalmente hexápodo en etapas poslarval, el primer par de patas es utilizado como antenas. Los Parásitiformes y Trombidiformes se parecen a otros arácnidos en que se alimentan principalmente de fluidos, incluyendo sangre, líquido de plantas y tejidos digeridos externamente. Los ácaros Opilioacariformes, la mayoría Sarcoptiformes y unos pocos Mesostigmata, se alimentan de: esporas de hongos, granos de polen o pican muchos artículos de comida (Walter & Proctor, 2013).

## ÁCAROS PLAGA

Los ácaros plaga son insectos que amenazan la salud de plantas, animales y seres humanos a escala global, causando pérdidas económicas y problemas significativos de salud pública (McCoy *et al.*, 2013; Javed *et al.*, 2013). Los ácaros hematófagos tienen el potencial de transmitir agentes zoonóticos (virales, bacterianos o parasitarios) (Jofré *et al.*, 2009), con excepción de los ácaros de alimentos y del polvo (Díaz, 2006; Steen *et al.*, 2004). Acari es un grupo abundante, de importancia médica, veterinaria y económica, sin embargo se sabe muy poco sobre la genética, la epidemiología, la biología y las relaciones filogenéticas (Gu *et al.*, 2014).

Existen varias especies de ácaros que son ectoparásitos obligados de perros, gatos, roedores, aves y reptiles, no obstante, los mamíferos y las aves son los principales anfitriones de una gran diversidad de ácaros por el hábitat que ofrecen sus pieles y

plumas (Bowman, 2011). Muchas especies de Parasitiformes son importantes parásitos de los vertebrados (Walter & Proctor, 2013). Cuando las personas presentan molestias por ácaros, generalmente pertenecen a una gran superfamilia de Mesostigmata: Dermanyssoidea, afectan tanto vertebrados como invertebrados (Coddington *et al.*, 2004; Walter & Proctor, 2013). Mesostigmata tiene una amplia gama de cerca de 17 familias (Beaulieu *et al.* 2011) con especies que parasitan mamíferos, aves, serpientes, lagartos, insectos y otros artrópodos. Igualmente, Prostigmata contiene algunos parásitos importantes de aves y mamíferos incluyendo al ser humano (Walter & Proctor, 2013). Se encuentran también especies de Cheyletiella (Cheyletidae) como parásitos de vertebrados y producen sarna en sus huéspedes. Además, se encuentran los vectores acarinos, el grupo más importante de transmitir enfermedades, estos corresponden a las

garrapatas (Ixodida) (Walter & Proctor, 2013).

En plantas, la infestación por ácaros es un problema en los cultivos agrícolas, frutales, forestales, medicinales y ornamentales; pues estos causan estrés biótico en plantas huésped y afectan negativamente la producción comercializable causando pérdidas a productores (Gulati, 2014). Los síntomas que presentan los cultivos por el ataque de los ácaros fitoparásitos, van desde moteados amarillentos o blancuzcos del follaje hasta tonos pardo-rojizos, caída de hojas y frutos, pérdida de la lámina foliar, corrugamiento de hojas y brotes, agallas, crinosis, desarrollo deficiente de la planta, leprosis, necrosis, muerte ascendente y descendente de la planta (Ochoa *et al.*, 1991). Los ácaros parásitos de plantas pertenecen a los Acariformes y el suborden Prostigmata, algunos depredadores son: Labidostommatidae y Rhagidiidae los cuales tienen quelíceros quelados (Walter & Proctor, 2013). La mayoría de los individuos prostigmata

tienen piezas bucales tipo estilete que se utilizan para perforar presas, o en el caso de fungívoros y plantas, drenan su contenido (Lindquist, 1998). La fitofagia ha surgido en al menos siete clados de Prostigmata, entre estos: Eriophyoidea y Tetranychoida, a estos pertenecen la mayor parte de parásitos obligados de plantas vasculares y otros linajes que se alimentan de plantas vasculares, briofitas y algas son: Erythraeidae, Eupodoidea, Stigmaeidae, Tydeidae y Tarsonemidae (Walter & Proctor, 2013).

En lo concerniente a los productos almacenados, hay ácaros que se alimentan del producto sano (generalmente cereales), produciendo un daño directo al ensuciar el producto con sus heces y mudas (Iraola, 2001). La mayoría de estos ácaros son Astigmata (Acaroidea, Glycyphagoidea) se encuentran los considerados plaga de productos almacenados, ácaros del picador de la tienda, picazón del panadero, ácaros del queso, ácaros del mueble y ácaros del polvo (Walter & Proctor, 2013).

## ***Bacillus thuringiensis*, CLASIFICACIÓN Y GENERALIDADES**

La bacteria *B. thuringiensis* (Berliner, 1915) pertenece al grupo I del género: *Bacillus*. *B. thuringiensis* se encuentra distribuida ampliamente en el ambiente, es cosmopolita, nativa del suelo, Gram positiva, aeróbico o anaerobio facultativo, por lo general móvil, produce endosporas resistentes a condiciones externas desfavorables (Logan & De Vos, 2009). Además, algunas de ellas producen exotoxinas (beta, alfa y gama) o una endotoxina (delta) (Heimpel, 1967; Hernández-Fernández *et al.*, 2011). Esta bacteria es ubicua puesto que se ha aislado

de diferentes partes del mundo y de muy diversos sistemas como suelo (Martín & Travers, 1989; Arango *et al.*, 2002; Uribe *et al.*, 2003; Hernández-Fernández *et al.*, 2011), insectos muertos o enfermos y sus hábitat (Itoua-Apoyolo *et al.*, 1995; Bernhard *et al.*, 1997), polvo de productos almacenados (Meadows *et al.*, 1992; Hongyu *et al.*, 2000) hojas (Meadows *et al.*, 1992; Maduell *et al.*, 2002) y en heces fecales de animales (Lee *et al.*, 2003).

*B. thuringiensis* posee la capacidad de ocupar ecosistemas acuáticos y diferentes

ecosistemas terrestres como desiertos, estepas, bosque húmedo tropical, altas montañas, playas y cuevas, entre muchos otros (Schnepf *et al.*, 1998; Maeda *et al.*, 2000; Martínez & Caballero 2002).

Algunas cepas de *B. thuringiensis* producen una exotoxina termoestable denominada  $\beta$ -exotoxina, la cual se secreta al medio de cultivo al inicio del proceso de esporulación y se caracteriza por ser acaricida (Robaina *et al.*, 2006). Las  $\beta$ -exotoxinas son solubles en agua, termoestables y dializables, su estructura química es un derivado fosforilado del nucleótido adenina, es inhibidora de la ARN polimerasa y de proteínas (Cano *et al.*, 2004). Además, afecta el proceso mitótico durante la metamorfosis, produce deformación de la pupa o el adulto y reduce la fecundidad y longevidad en adultos (Cano *et al.*, 2004).

En relación con la toxicidad, las  $\beta$ -exotoxinas pueden tener efectos citotóxicos a determinadas concentraciones, por lo cual, el empleo de productos de *B. thuringiensis* a partir de cepas que producen este tipo de toxina están sujetos a regulaciones adicionales, sin embargo, no todas las cepas de *B. thuringiensis* producen este tipo de toxinas (Cano *et al.*, 2004). Hernández *et al.* (2003) analizaron que la frecuencia de la producción de  $\beta$ -exotoxina es mayor en el serotipo *B. thuringiensis* var. *thuringiensis*, producción que depende del serovar, la compatibilidad y el intercambio de plásmidos entre estos.

La  $\alpha$ -exotoxina es una fosfolipasa C que afecta principalmente a los fosfolípidos de membrana celular, es termolábil, es altamente tóxica para ciertos insectos causando degeneración del hemocele y lisis

celular (Krieg, 1971; Faust & Bulla, 1982). De otro lado, la  $\gamma$ -exotoxina se considera una lecitinasa (Cano *et al.*, 2004), es tóxica para las moscas de sierra (Tenthredinidae), pero el modo de acción de esta toxina termolábil no se ha determinado (Heimpel, 1967; Faust & Bulla, 1982).

Por el contrario, la  $\delta$ -endotoxina es producida durante la esporulación ensamblándose varias unidades polipeptídicas de diferentes pesos moleculares, entre 27 y 140 kDa que se han denominado Cry (del inglés cristal) o Cyt (del inglés cytotoxic), en la mayoría de las cepas de *B. thuringiensis* los genes *cry* están localizados en los plásmidos (Bravo *et al.*, 1998; Crickmore *et al.*, 1998; Hernández-Fernández *et al.*, 2011).

Una vez ingeridos los cristales por las larvas, estos pasan a través del primer tramo del tubo digestivo, este se solubiliza por el pH alcalino del intestino medio del insecto, liberando protoxinas, que son clivadas por acción de las proteasas intestinales dejando un fragmento activo de aproximadamente 60–70 kDa (Bravo *et al.*, 2002). Una vez activa, la toxina se inserta en la membrana y forma poros líticos, como consecuencia se produce la alcalinización del citoplasma y destrucción de las células columnares y caliciformes (De Maagd *et al.*, 2003), provocando en la larva del insecto parálisis del tracto digestivo, lisis celular, cese de la ingesta y por último, su muerte (Griffitts & Aroian, 2005).

*B. thuringiensis* ha demostrado ser una valiosa alternativa de los insecticidas convencionales, pues es activo e inofensivo para el medio ambiente debido a su especificidad. (Höfte & Whiteley, 1989). La mayoría de los bioinsecticidas de *B. thuringiensis* son producidos utilizando

aislamientos nativos y se componen solo de una fracción de las proteínas Cry conocidas, la manipulación de los genes *cry* en *B. thuringiensis* ofrece un potencial en el mejoramiento de la efectividad (Yamamoto & Powell, 1993).

Los bioinsecticidas con base en *B. thuringiensis* se clasifican en productos de

primera generación (esporas y cristales), segunda generación (esporas y toxinas de cepas con introducción de genes de  $\delta$ -endotoxina de otras cepas), tercera generación (bacterias recombinantes) y cuarta generación (quimeras de proteínas) (Bravo *et al.*, 2004).

## USO DE *Bacillus thuringiensis* SOBRE ÁCAROS HEMATÓFAGOS Y FITÓFAGOS

Dunstand-Guzmán *et al.* (2015) evaluaron el efecto acaricida de la proteína Cry producida por *B. thuringiensis* para el control de *Psoroptes cuniculi*, un ectoparásito obligado que afecta a conejos, cabras, caballos, vacas y ovejas. Después de la aplicación de *B. thuringiensis*, sobre *P. cuniculi* se observaron alteraciones histológicas, espacios intercelulares dilatados en la membrana basal, desprendimiento de la matriz de la membrana peritrófica y alteraciones morfológicas en las células columnares del intestino. La evaluación de Dunstand-Guzmán *et al.* (2015) permite proponer a *B. thuringiensis* como un acaricida potencial para el control biológico de la sarna de animales de granja. Además, estudios como los de Pinnock (1994) afirma que las cepas de *B. thuringiensis* sirven para el control de ectoparásitos de ovejas y ganado.

Así mismo, otros investigadores confirman la utilidad de *B. thuringiensis* para el control de garrapatas, estudios como el Hassanain *et al.* (1997) evaluaron la actividad de tres subespecies de *B. thuringiensis* (*kurstaki*, *israeliensis*, y *thuringiensis*) sobre *Argus persicus*, garrapata que afecta a aves. *B. thuringiensis* subespecie *kurstaki* produjo 100 % de

mortalidad con una dosis de 1 mg/ml; *B. thuringiensis* subespecie *israeliensis* causó 100 % de mortalidad en una dosis de 2,5 mg/ml, y *B. thuringiensis* subespecie *thuringiensis* produjo mortalidad de 93.3 % con una dosis de 5 mg/ml.

No obstante, en el mismo estudio al evaluar *B. thuringiensis* sobre garrapatas de los camellos (*Hyalomma dromedarii*) las mortalidades fueron bajas, aun con dosis altas como 10 mg/ml (Hassanain *et al.*, 1997). Zhioua *et al.* (1999) demostraron que esporas de *B. thuringiensis kurstaki* ( $10^8$  esporas/ml) resultaron tóxicas sobre las larvas de *Ixodes scapularis*, garrapata que afecta a venados, mostrando una mortalidad de 96 %. Otro estudio por mencionar es el de Fernández-Ruvalcaba *et al.* (2010) evaluaron cepas de *B. thuringiensis* en dosis de 1,25 mg/ml sobre garrapatas del ganado, *Rhipicephalus microplus*, demostrando su efecto a través de la ingestión, probablemente por medio de los espiráculos o poro genital.

Por otra parte, Gutiérrez *et al.* (2003) evaluaron el producto Thurisav-13 a base de esporas de *B. thuringiensis*, resultando efectivo en el control del ácaro *Varroa jacobsoni*, ectoparásito hematófago en

abejas adultas e inmaduras, siendo uno de los principales problemas para la salud de las abejas melíferas (Rosenkranz *et al.*, 2010).

En 1993, un grupo de investigadores (Payne *et al.*, 1993) patentaron una cepa de *B. thuringiensis* usada para el control de ácaros, según sus experimentos ellos sugieren que puede utilizarse para el control de ácaros plaga de ganado, aves de corral y productos almacenados; y sugieren que las formulaciones se apliquen sobre plantas, animales de granja, aves, suelo o agua, a través de pulverización, espolvoreo o aspersión.

En cuanto a la toxicidad de *B. thuringiensis* sobre fitófagos, Payne *et al.* (1993) demostraron la toxicidad de las  $\delta$ -endotoxinas sobre el ácaro araña (*Tetranychus urticae*). Así mismo, Neal *et al.* (1989) estudiaron la actividad por contacto de esta toxina contra *T. urticae* y *T. cinnabarinus*, planteando que puede existir un efecto por contacto. Además, existe una toxicidad directa de  $\beta$ -exotoxina sobre el ácaro *T. urticae* a través de la reducción de la fecundidad de las hembras, sin embargo, son más susceptible larvas y protoninfas (Najafabadi *et al.*, 2011).

Estudios como el de Guo *et al.* (1993) demostraron el efecto tóxico de Thuringiensin® (formulación de  $\beta$ -exotoxin de *B. thuringiensis*), sobre los ácaros *T. urticae* y *Phytoseiulus persimilis* disminuyendo la ovoposición dos días después de la aplicación, y el cese completo a los 3-4 días con dosis de 115 y 211 mg/ml, respectivamente. Vargas *et al.* (2001) analizaron el mismo producto, observando efectos considerables al reducir la fecundidad de *T. urticae* y *Panonychus ulmi*. Además, Vargas *et al.* (2001) realizaron una investigación observando el

modo de acción de Thuringiensin® en inhibición de la síntesis de la cutícula en larvas de *T. urticae*, estas fueron más susceptibles a una temperatura de 13 °C. Se halló que *B. thuringiensis* var. *thuringiensis* afecta la síntesis de la epicutícula en las etapas de protoninfas y deutoninfas y los daños en la formación de la cutícula de las larvas ocurre 12 h después de la aplicación, lo que indica que el efecto del tiempo de exposición de ácaros a este producto comercial se relaciona con la etapa de desarrollo de la cutícula y es relativamente corto. Hay que tener en cuenta que, *T. urticae* es más susceptible cuando las larvas se pulverizan directamente con *B. thuringiensis*, en relación con ácaros adultos y no tiene actividad ovicida (Vargas *et al.*, 2001).

Con respecto a lo anterior, Sebesta *et al.* (1981) concluyeron que *B. thuringiensis* era un eficiente inhibidor de la síntesis de la cutícula de insectos y ácaros. El daño en la cutícula se explica por la retención de la superficie y toxicidad de contacto, pues *B. thuringiensis* interrumpe principalmente la actividad epidérmica debido a que la epidermis es un sitio importante de la replicación del ácido nucleico, la inhibición del metabolismo del ácido nucleico podría, por lo tanto, afectar a la formación de la cutícula y la síntesis de enzimas, particularmente la quitina sintetasa (Cohen, 1987; Ford & Salt 1987).

Trabajos como los de Neal *et al.* (1989) y Royalty *et al.* (1990) analizaron el producto Thuringiensin® en *T. urticae* y *T. cinnabarinus*, observando que la actividad es limitada contra los adultos y sin acción ovicida. Payne *et al.* (1993), plantean que puede explicarse por varios factores ambientales y biológicos como: temperatura, humedad, planta hospedante, agente tensioactivo y la edad de los sujetos

de prueba que pueden influir sobre la respuesta.

Además, Hoy & Ouyang (1987) evaluaron también las  $\beta$ -exotoxinas (Thuringiensin) ( $0,0528 \text{ g/L}^{-1}$  de ingrediente activo) en adultos, larvas y huevos de *Tetranychus pacificus* (McGregor) y *Metaseiulus occidentalis* (Nesbitt), disminuyendo la producción de huevos a las 48 horas de aplicación y el desarrollo de larvas. En adultos resultó ser altamente eficaz principalmente sobre las hembras.

La cepa de *B. thuringiensis* var. *tenebrionis* fue evaluada por Chapman & Hoy (1991) usaron polvo humectable (Mycogen M-ONE® y Sandoz Trident®), sobre ácaros depredadores de plantas *T. urticae* y *Metaseiulus occidentalis*, realizaron evaluaciones en laboratorio, a partir de preparaciones microbianas de  $2,25 \text{ Kg} / 189,25 \text{ L} / \text{ha}$ , presentando baja mortalidad en hembras de *T. urticae* (10 %), pero tóxico para *M. occidentalis* (74 %), pues la inanición de las hembras aumentó la mortalidad. Chapman & Hoy (1991) concluyeron que la mortalidad sobre hembras de *M. occidentalis* con los anteriores productos e incluso con Dipel® 2X (*B. thuringiensis* var. *kurstaki*) es significativa.

En cuanto a ácaros sinantrópicos, la investigación de Erban *et al.* (2009) con la toxina Cry3A sobre *Acarus siro* L., *Tyrophagus putrescentiae* (Schrank), *Dermatophagoides farinae* (Hughes) y *Lepidoglyphus destructor* (Schrank), a concentraciones que variaban de 0 a  $100 \text{ mg g}^{-1}$ ; se observó 21 días después de la aplicación, controlar al 50 % de la población en concentraciones entre 25 y  $38 \text{ mg g}^{-1}$ . No se presentaron diferencias notables entre las especies, quedando abierta la discusión para el uso de *B.*

*thuringiensis* sobre el control de ácaros sinantrópicos.

Por otra parte, a través de la investigación de Dabrowski *et al.* (2006) con maíz genéticamente modificado con *B. thuringiensis* (*B. thuringiensis* MON 810), evaluaron que la toxina Cry1Ab *B. thuringiensis* var. *kurstaki*, afecta al ácaro de la harina (*Acarus siro*), pues retarda el período de desarrollo, reduce la vida media de las hembras y disminuye la supervivencia de larvas y ninfas. Igualmente, Rovenská *et al.* (2005), trabajaron con berenjena (*Solanum melongena* L.) transgénica, esta contiene la toxina Cry3Bb y disminuye el ácaro araña de dos manchas (*T. urticae*).

Con respecto a los ácaros biocontroladores de plagas (fitoseidos), se ha analizado el efecto también de *B. thuringiensis*, es así como De Castro *et al.* (2013) analizaron las toxinas Cry (Cry1Ab, Cry1A, Cry2A, Cry1Ac y Cry1Ia12) expresadas en plantas transgénicas con *B. thuringiensis* (concentración:  $1.25 \times 10^8$  esporas/ml) sobre *Neoseiulus californicus* (McGregor) y *Euseius concordis* (Chant). Asimismo, Oliveira *et al.* (2007) presenta que no hay efectos tóxicos del algodón transgénico con *B. thuringiensis* (*B. thuringiensis* DP 404 BG, Bollgard) y del producto comercial Dipel® sobre el ácaro del suelo *Scheloribates praeincisus*, pues la ingestión no afectó la supervivencia de adultos ni de larvas. Concluyendo que *B. thuringiensis* como controlador biológico, no afecta a este tipo de ácaros que suelen ser sensibles a los productos fitosanitarios.

Se destaca también los propuestos por Tyurin *et al.* (2006) acerca de las cepas de *B. thuringiensis* al referirse como una nueva generación de bioinsecticidas con  $\delta$ -endotoxinas que no solo son altamente

eficaces contra plagas de lepidópteros, sino que también poseen actividad insecticida adicional sobre el grupo Acariformes, característica que no poseen los insecticidas industriales. Y Zemek & Hubert (2008) proponen que se deben desarrollar investigaciones que revelen si

acaricidas con propiedades de bioplaguicidas *B. thuringiensis* y/o plantas transgénicas *B. thuringiensis* tienen implicación para el control de ácaros plaga, y se plantea la búsqueda de nuevas cepas de *B. thuringiensis* específicas contra ácaros.

## CONCLUSIÓN

*B. thuringiensis* ha sido utilizado como un acaricida efectivo sobre *Psoroptes cuniculi*, ectoparásito obligado que afecta a conejos, cabras, caballos, vacas y ovejas; *Argas persicus*, garrapata que afecta a aves; *Ixodes scapularis*, garrapata de venados; *Rhipicephalus microplus*, garrapata del ganado y *Varroa jacobsoni*, ectoparásito hematófago en abejas. Igualmente, sobre fitófagos, como el ácaro araña, *Tetranychus urticae*, *T. cinnabarinus*, *T. pacificus*, *Phytoseiulus persimilis*, *Panonychus ulmi*

y *Metaseiulus occidentalis*. Y aún más en ácaros sinantrópicos en el caso de *Acarus siro*, *Tyrophagus putrescentiae*, *Dermatophagoides farinae* y *Lepidoglyphus destructor*. Y en lo que respecta a los ácaros biocontroladores de plagas *Neoseiulus californicus*, *Scheloribates praeincisus* y *Euseius concordis*, no tiene efectos tóxicos. Por tanto, *B. thuringiensis* se propone como un controlador biológico de ácaros plaga.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARCTOS. 2017. Acari#classifications. Collaborative collection Management Solution. Disponible: <http://arctos.database.museum/name/Acari#classifications>. Accesado: 17/01/2017.

ARANGO, J. A., ROMERO, M. & ORDUZ, S. 2002. Diversity of *Bacillus thuringiensis* strains from Colombia with insecticidal activity against *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae). *Journal of Applied Microbiology* 92(3): 466-474.

BEAULIEU, F. A., DOWLING, P. G., KLOMPEN, H., DE MORAES, G. J. &

WALTER, D. E. 2011. Superorder parasitiformes Reuter, 1909. In Z.-Q. Zhang (Ed.), *Animal biodiversity: An outline of higher-level classification and survey of taxonomic richness*. Auckland: Magnolia Press. 123-128.

BERLINER, E. 1915. Über die Schlafsucht der Mehlmottenraupe (*Ephestia kühniella* Zell.) und ihren Erreger *Bacillus thuringiensis* n. sp. *Zeitschrift für angewandte Entomologie* 2(1): 29-56.

BERNHARD, K., JARRETT, P., MEADOWS, M., BUTT, J., ELLIS, D. J., ROBERTS, G. M. & BURGESS, H. D.

1997. Natural Isolates of *Bacillus thuringiensis*: Worldwide Distribution, Characterization, and Activity against Insect Pests. *Journal of Invertebrate Pathology* 70(1): 59-68.
- BOWMAN, D.D. 2011. *Georgis: Parasitología veterinaria*. Novena edición. Elsevier saunders. Barcelona, España. 60-79.
- BRAVO, A., SARABIA, S., LÓPEZ, L., ONTIVEROS, H., ABARCA, C., ORTIZ, A. & QUINTERO, R. 1998. Characterization of cry genes in a Mexican *Bacillus thuringiensis* strain collection. *Applied and Environmental Microbiology* 64(12): 4965-4972.
- BRAVO, A., SÁNCHEZ, J., KOUSKOURA, T. & CRICKMORE, N. 2002. N-terminal activation is an essential early step in the mechanism of action of the *B. thuringiensis* Cry1AC insecticidal toxin. *The Journal of Biological Chemistry* 277: 23985-23987.
- BRAVO, A., BUITRAGO, G., CERÓN, W., MARTÍNEZ, J., JUÁREZ-PÉREZ, V. & URIBE, D. 2004. *Bacillus thuringiensis* en el control biológico. En: Bravo A. & Cerón J. (eds). *Bacillus thuringiensis* en el control biológico. La buena semilla, Bogotá-Colombia. 294 pp.
- CALDERÓN, A. V., HERNÁNDEZ-FONSECA, V. & HERNÁNDEZ-GAMBOA, A. 2005. Catálogo de garrapatas suaves (Acari: Argasidae) y duras (Acari: Ixodidae) de Costa Rica. *Brenesia* 65: 81-88.
- CANO, E., LÓPEZ, J. A., CANO, E., CARBALLO, C. V. & GUHARAY, F. 2004. Control biológico de plagas agrícolas (No. 53). Bib. Orton IICA/CATIE.
- CHAPMAN, M.H. & HOY, M.A. 1991. Relative toxicity of *Bacillus thuringiensis* var. *tenebrionis* to the two-spotted spider mite (*Tetranychus urticae* Koch) and its predator (*Metaseiulus occidentalis* (Nesbitt)) (Acari, Tetranychidae and Phytoseiidae). *Journal of Applied Entomology* 111:147-154.
- COHEN, E. 1987. Interference with chitin biosynthesis in insects. In *Chitin and benzoylphenyl ureas*. Springer Netherlands. 43-73.
- CODDINGTON, J. A., GIRIBET, G., HARVEY, M., PRENDINI, L. & WALTER, D. 2004. Arachnida. In: Cracraft J., Donoghue M. J. (eds), *Assembling the Tree of Life*. Oxford University Press, Oxford. 296-318.
- CRICKMORE, N., ZEIGLER, D. R., FEITELSON, J., SCHNEPF, E., VAN RIE, J., LERECLUS, D., & DEAN, D. H. 1998. Revision of the nomenclature for the *Bacillus thuringiensis* pesticidal crystal proteins. *Microbiology and Molecular Biology Reviews* 62(3): 807-813.
- DE CASTRO, T. R., AUSIQUE, J. J. S., NUNES, D. H., IBANHES, F. H. & JÚNIOR, I. D. 2013. Risk assessment of Cry toxins of *Bacillus thuringiensis* on the predatory mites *Euseius concordis* and *Neoseiulus californicus* (Acari: Phytoseiidae). *Experimental and applied acarology* 59(4): 421-433.
- DE MAAGD, R. A., BRAVO, A., BERRY, C., CRICKMORE, N., & SCHNEPF, H. E. 2003. Structure, diversity, and evolution of protein toxins from spore-forming entomopathogenic bacteria. *Annual review of genetics* 37(1): 409-433.
- DÍAZ, J. H. 2006. The epidemiology, diagnosis, management and prevention of

- ectoparasitic diseases in travelers. *Journal of Travel Medicine* 13: 100-11.
- DABROWSKI, Z. T., CZAJKOWSKA, B. & BOCINSKA, B. 2006. First experiments on unintended effects of *B. thuringiensis* maize feed on non-target organisms in Poland. *IOBC WPRS BULLETIN* 29(5): 39.
- DUNLOP, J. A., & ALBERTI, G. 2007. The affinities of mites and ticks: a review. *Journal of Zoological Systematics and Evolutionary Research* 46(1): 1-18.
- DUNSTAND-GUZMÁN, E., PEÑA-CHORA, G., HALLAL-CALLEROS, C., PÉREZ-MARTÍNEZ, M., HERNÁNDEZ-VELÁZQUEZ, V. M., MORALES-MONTOR, J. & FLORES-PÉREZ, F. I. 2015. Acaricidal effect and histological damage induced by *Bacillus thuringiensis* protein extracts on the mite *Psoroptes cuniculi*. *Parasites & vectors* 8(1): 285.
- ERBAN, T., NESVORNA, M., ERBANOVA, M. & HUBERT, J. 2009. *Bacillus thuringiensis* var. *tenebrionis* control of synanthropic mites (Acari: Acaridida) under laboratory conditions. *Experimental and Applied Acarology* 49(4): 339-346.
- FAUST, R. & BULLA, J. 1982. Bacteria and their toxins as insecticides. *Microbial and Viral Pesticides*, E. Kurstak, Ed., Marcel Dekker, NY. 84-89.
- FEITELSON, J. S. 1993. The *Bacillus thuringiensis* family tree. *Advanced engineered pesticides*. 63-72.
- FERNÁNDEZ-RUVALCABA, M., PEÑA-CHORA, G., ROMO-MARTÍNEZ, A., HERNÁNDEZ-VELÁZQUEZ, V., DE LA PARRA, A. B. & DE LA ROSA, D. P. 2010. Evaluation of *Bacillus thuringiensis* pathogenicity for a strain of the tick, *Rhipicephalus microplus*, resistant to chemical pesticides. *Journal of Insect Science* 10(1): 186.
- FORD, M. G., & SALT, D. W. 1987. Behaviour of insecticide deposits and their transfer from plant to insect surfaces. In: *Pesticides on plant surfaces*/edited by HJ Cottrell. Great Britain. p. 86.
- GARCÍA-ROBLES, I., SÁNCHEZ, J., GRUPPE, A., MARTÍNEZ-RAMÍREZ, A. C., RAUSELL, C., REAL, M. D. & BRAVO, A. 2001. Mode of action of *Bacillus thuringiensis* PS86Q3 strain in hymenopteran forest pests. *Insect Biochemistry and Molecular Biology* 31(9): 849-856.
- GONZÁLEZ-CABRERA, J., MOLLÁ, O., MONTÓN, H., & URBANEJA, A. 2011. Efficacy of *Bacillus thuringiensis* (Berliner) in controlling the tomato borer, *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lepidoptera: Gelechiidae). *BioControl* 56(1): 71-80.
- GRIFFITTS, J. S. & AROIAN, R. V. 2005. Many roads to resistance: how invertebrates adapt to *B. thuringiensis* toxins. *Bioessays* 27(6): 614-624.
- GU, X. B., LIU, G. H., SONG, H. Q., LIU, T. Y., YANG, G. Y. & ZHU, X. Q. 2014. The complete mitochondrial genome of the scab mite *Psoroptes cuniculi* (Arthropoda: Arachnida) provides insights into Acari phylogeny. *Parasites & vectors* 7(1): 1-10.
- GULATI, R. 2014. Eco-Friendly Management of Phytophagous Mites. In: *Entomology and pest management*. Waveland Press. P343.
- GUO, Y.-L., ZUO, G.-S., ZHAO, J.-H., WANG, N.-Y. & JIANG, J.-W. 1993. A laboratory test on the toxicity of

- thuringiensin to *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae) and *Phytoseiulus persimilis* (Acari: Phytoseiidae). Chinese Journal of Biological Control 9: 151-155.
- GUTIÉRREZ, M. E. M., VEGA, O. F. L., MENA, D. D., DÍAZ, A. & SOLÍS, B. C. 2003. Evaluación de un producto de *Bacillus thuringiensis* para el control de la varroasis. Fitosanidad 7(1): 3-8.
- HASSANAIN, M.A., EL GARHY, FM., ABDEL-GHAFFAR, AF., EL-SHARABY, A. & ABDEL MEGEED, N. K. 1997. Biological control studies of soft and hard ticks in Egypt. I. The effect of *Bacillus thuringiensis* varieties on soft and hard ticks (Ixodidae). Parasitology Reserch 83: 209-213.
- HEIMPEL, A. M. 1967. A critical review of *Bacillus thuringiensis* var. *thuringiensis* Berliner and other crystalliferous bacteria. Annual Review of Entomology 12: 287-322.
- HERNÁNDEZ, C. S., MARTÍNEZ, C., PORCAR, M., CABALLERO, P. & FERRÉ, J. 2003. Correlation between serovars of *Bacillus thuringiensis* and type I  $\beta$ -exotoxin production. Journal of invertebrate pathology 82(1): 57-62.
- HERNÁNDEZ-FERNÁNDEZ, J., RAMÍREZ, L., RAMÍREZ, N., FUENTES, L. S. & JIMÉNEZ, J. 2011. Molecular and biological characterization of native *Bacillus thuringiensis* strains for controlling tomato leafminer (*Tuta absoluta* Meyrick) (Lepidoptera: Gelechiidae) in Colombia. World Journal of Microbiology and Biotechnology 27(3): 579-590.
- HÖFTE, H. & WHITELEY, H. R. 1989. Insecticidal crystal proteins of *Bacillus thuringiensis*. Microbiological reviews, 53(2), 242-255.
- HONGYU, Z., ZINIU, Y. & WANGXI, D. 2000. Composition and Ecological Distribution of Cry Proteins and Their Genotypes of *Bacillus thuringiensis* Isolates from Warehouses in China. Journal of invertebrate pathology 76(3): 191-197.
- HOY, M. A., & OUYANG, Y. L. 1987. Toxicity of the  $\beta$ -exotoxin of *Bacillus thuringiensis* to *Tetranychus pacificus* and *Metaseiulus occidentalis* (Acari: Tetranychidae and Phytoseiidae). Journal of economic entomology 80(2): 507-511.
- IRAOLA, V. 2001. Introducción a los ácaros (II): Hábitats e importancia para el hombre. Boletín Sociedad Entomológica Aragonesa 28: 141-146.
- ITOUA-APOYOLO, C., DRIF, L., VASSAL, J. M., DEBARJAC, H., BOSSY, J. P., LECLANT, F., & FRUTOS, R. 1995. Isolation of Multiple Subspecies of *Bacillus thuringiensis* from a Population of the European Sunflower Moth, *Homoeosoma nebulosa*. Applied and environmental microbiology 61(12): 4343-4347.
- JAVED, S., KHAN, F., RAMÍREZ-FORT, M., & TYRING, S. K. 2013. Bites and mites: prevention and protection of vector-borne disease. Current opinion in pediatrics 25(4): 488-491.
- JOFRÉ, L., NOEMI, I., NEIRA, P., SAAVEDRA, T. & DÍAZ, C. 2009. Acarosis y zoonosis relacionadas. Revista chilena de infectología 26(3): 248-257.
- KRIEG, A. 1971. Concerning  $\beta$ -exotoxin produced by vegetative cells of *Bacillus thuringiensis* and *Bacillus cereus*. Journal Invertebrate Pathology 17:134-135.

- LEE, M. K., WALTERS, F. S., HART, H., PALEKAR, N. & CHEN, J. S. 2003. The mode of action of the *Bacillus thuringiensis* vegetative insecticidal protein Vip3A differs from that of Cry1Ab  $\delta$ -endotoxin *Bacillus thuringiensis* on the phylloplane of species of Piper (Piperaceae) in three altitudinal levels. *Microbial ecology* 44(2): 144-153.
- LINDQUIST, E. E. 1998. Evolution of phytophagy in trombidiform mites. *Experimental & Applied Acarology* 22: 81-100.
- LOGAN, N. A. & DE VOS, P. 2009. Genus I. *Bacillus* Cohn 1872, 174AL. In: De Vos, P., Garrity, G.M., Jones D., Krieg, N., R., Ludwig W., Rainley F.A., Schleifer K.H., Whitman W.B. (eds): *Bergey's manual of systematic bacteriology*, 2nd edn, Vol. 3, Springer, New York. 22-128.
- MAEDA, M., MIZUKI, E., NAKAMURA, Y., HATANO, T. & OHBA, M. 2000. Recovery of *Bacillus thuringiensis* from marine sediments of Japan. *Current microbiology* 40(6): 418-422.
- MADUELL, P., CALLEJAS, R., CABRERA, K. R., ARMENGOL, G. & ORDUZ, S. 2002. Distribution and characterization of *Bacillus thuringiensis* on the phylloplane of species of Piper (Piperaceae) in three altitudinal levels. *Microbial ecology* 44(2): 144-153.
- MARTIN, P. A. & TRAVERS, R. S. 1989. Worldwide abundance and distribution of *Bacillus thuringiensis* isolates. *Applied and Environmental Microbiology* 55(10): 2437-2442.
- MARTÍNEZ, C. & CABALLERO, P. 2002. Contents of cry genes and insecticidal toxicity of *Bacillus thuringiensis* strains from terrestrial and aquatic habitats. *Journal of applied microbiology* 92(4): 745-752.
- MCCOY, K. D., LÉGER, E., & DIETRICH, M. 2013. Host specialization in ticks and transmission of tick-borne diseases: a review. *Frontiers in cellular and infection microbiology* 3:57-68.
- MEADOWS, M. P., ELLIS, D. J., BUTT, J., JARRETT, P. & BURGESS, H. D. 1992. Distribution, frequency, and diversity of *Bacillus thuringiensis* in an animal feed mill. *Applied and Environmental Microbiology* 58(4): 1344-1350.
- MILANI, N. 1999. The resistance of *Varroa jacobsoni* Oud. to acaricides. *Apidologie* 30: 229-234.
- MORENO, J., GERECKE, R. & TUZOVSKIJ, P. 2008. Biology and taxonomic position of an ovoviviparous water mite (Acari: Hydrachnidia) from a hypersaline spring in southern Spain. *Aquat Insect* 30(4):307-317.
- NAJAFABADI, S. S. M., SHOUSHARI, R. V., ALI ZAMANI, A., ARBABI, M. & FARAZMAND, H. 2011. Effect of nitrogen fertilization on *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae) populations on common bean cultivars. *Middle-East Journal of Scientific Research* 8(5): 990-998.
- NEAL, J., LINDQUIST, R., GOTT, K., & CASEY, M. 1989. Activity of the Thermostable B-exotoxin of *B. thuringiensis* Berliner on *T. urticae* and *T. cinnabarinus*. *Journal of Agricultural Entomology* 4(1): 33-40.
- OCHOA, R., AGUILAR, H., & VARGAS, C. 1991. Ácaros fitófagos de América Central: guía ilustrada (No. 6). Centro

- Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. Costa Rica. 251pp.
- OLIVEIRA, A. R., CASTRO, T. R., CAPALBO, D. M. & DELALIBERA J. 2007. Toxicological evaluation of genetically modified cotton (Bollgard®) and Dipel® WP on the non-target soil mite *Scheloribates praeincisus* (Acari: Oribatida). *Experimental and Applied Acarology* 41(3): 191-201.
- PAYNE, J. M., CANNON, R. J. & BAGLEY, A. L., (1993). *Bacillus thuringiensis* isolates for controlling acarides. US5211946A.
- PINNOCK, D.E. 1994. The use of *Bacillus thuringiensis* for control of pests of livestock. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 49: 59-63.
- ROBAINA, Y. B., JIMÉNEZ, C. L. & CORCUERA, G. D. 2006. Detección de B-exotoxina en cepas nativas de *Bacillus thuringiensis* por HPLC. *Fitosanidad* 10(4): 255-259.
- ROSENKRANZ, P., AUMEIER, P. & ZIEGELMANN, B. 2010. Biology and control of *Varroa destructor*. *Journal of invertebrate pathology* 103: S96-S119.
- ROVENSKÁ, G. Z., ZEMEK, R., SCHMIDT, J. E. & HILBECK, A. 2005. Altered host plant preference of *Tetranychus urticae* and prey preference of its predator *Phytoseiulus persimilis* (Acari: Tetranychidae, Phytoseiidae) on transgenic Cry3Bb-eggplants. *Biological Control* 33(3): 293-300.
- ROYALTY, R. N., HALL, F. R. & TAYLOR, R. A. J. 1990. Effects of thuringiensin on *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae) mortality, fecundity, and feeding. *Journal of economic entomology* 83(3): 792-798.
- SAVORY, T. 1972. On the names of the orders of Arachnida. *Systematic Biology* 21(1): 122-125.
- SEBESTA, K., J.FARKAS, HORSKÁ, K. & VANKOVA, J. 1981. Thuringiensin, la beta-exotoxina de *Bacillus thuringiensis*. En HD Burges (ed.) el control microbiano de plagas y enfermedades de las plantas 1970-1980. Academic Press, Londres, Inglaterra. 249-281.
- SCHNEPF, E., CRICKMORE, N., VAN RIE, J., LERECLUS, D., BAUM, J., FEITELSON, J., & DEAN, D. H. 1998. *Bacillus thuringiensis* and its pesticidal crystal proteins. *Microbiology and molecular biology reviews* 62(3): 775-806.
- STEEN, C. J., CARBONARO, P. A. & SCHWARTZ, R. A. 2004 Arthropods in dermatology. *Journal of the American Academy of Dermatology* 50: 819-42.
- STEVENS, M. & HOGG, I. 2006. The molecular ecology of Antarctic terrestrial and limnetic invertebrates and microbes. In: Bergstrom DM, Convey P, Huiskes AHL (eds) *Trends in Antarctic Terrestrial and Limnetic Ecosystems*. Springer, The Netherlands. 177-192.
- TYURIN, S. A., MESHKOV, Y. I., YAKOVLEVA, I. N., ZALUNIN, I. A., HASHIMOV, F. H., ZHUZHNIKOV, D. P. & DEBABOV, V. G. 2006. A new insecticidal preparation on the basis of *Bacillus thuringiensis* with insecto-acaricidal activity. *IOBC WPRS BULLETIN* 29(5): 177.
- URIBE, D., MARTÍNEZ, W. & CERÓN, J. 2003. Distribution and diversity of cry genes in native strains of *Bacillus thuringiensis* obtained from different ecosystems from Colombia. *Journal of Invertebrate Pathology* 82(2): 119-127.

- VAN FRANKENHUYZEN, K. V. 2009. Insecticidal activity of *Bacillus thuringiensis* crystal proteins. *Journal of invertebrate pathology* 101(1): 1-16.
- VARGAS, R., CHAPMAN, B. & PENMAN, D. R. 2001. Toxicidad de thuringiensin en estados inmaduros y adultos de *Tetranychus urticae* Koch and *Panonychus ulmi* (Koch) (Acarina: Tetranychidae). *Agricultura Técnica* 61(1): 3-14.
- WALTER, D. & PROCTOR, H. 2013. *Mites: Ecology, Evolution & Behaviour: Life at a Microscale*, 2ed. Springer Netherlands. 494pp. DOI 10.1007/978-94-007-7164-2\_8
- XU, Z., YAO, B., SUN, M. & YU, Z. 2004. Protection of mice infected with *Plasmodium berghei* by *Bacillus thuringiensis* crystal proteins. *Parasitology research* 92(1): 53-57.
- YAMAMOTO, T. & POWELL, G. K. 1993. *Bacillus thuringiensis* crystal proteins: recent advances in understanding its insecticidal activity. *Advanced engineered pesticides*. 3-42.
- ZEMEK R. & HUBERT, J. 2008. Acaricidal activity of *Bacillus thuringiensis* toxins against mite pests. *IOBC/WPRS Bulletin* 31: 122.
- ZHANG, Z. -Q. 2013. Phylum Arthropoda. In: Zhang, Z.-Q. (Ed.), *Animal biodiversity: An outline of higher -level classification and survey of taxonomic richness* (Addenda 2013). *Zootaxa* 3703(1): 017-026.
- ZHIOUA, E., HEYER, K., BROWNING, M., GINSBERG, H. S., & LEBRUN, R. A. 1999. Pathogenicity of *Bacillus thuringiensis* variety *kurstaki* to *Ixodes scapularis* (Acari: Ixodidae). *Journal of medical entomology* 36(6): 900-902.