

MÉTODOS DE CONTROL BIOLÓGICO PARA *Boophilus microplus* (CAN.)

Denisse Acosta-Peñaloza^{1*}, Patricia Gómez-Aguilar¹, Víctor Manuel Hernández-Velazquez², Eduardo Aranda-Escobar^{1,2}

¹Facultad de Ciencias Agropecuarias, ²Centro de investigación en Biotecnología, Universidad Autónoma del Estado de Morelos, Av. Universidad 1001, col Chamilpa, CP 62209, Cuernavaca, Morelos, México. Correo-e: dap_482@yahoo.com.mx

*Autor para correspondencia.

RESUMEN

Boophilus microplus se ha convertido en un ectoparásito muy importante en países donde la economía se basa en la ganadería. Las pérdidas ocasionadas por esta especie de garrapata se relacionan con la contaminación de carne, leche y pieles. Los productores y ganaderos han abusado de los garrapaticidas químicos, situación que ha provocado el desarrollo de resistencia por parte de estos ectoparásitos, de tal manera que los químicos no le producen daño alguno. Por este motivo, es muy importante la elaboración de garrapaticidas no-químicos a base de productos naturales y biológicos, que por un lado controlen la población de la garrapata y, sobre todo, no impacten negativamente al ecosistema. En esta búsqueda de alternativas, en este trabajo se resalta la importancia de las estrategias novedosas que en los últimos años se han generado.

Palabras clave: Control biológico, *Boophilus microplus* (CAN.).

ABSTRACT

Boophilus microplus has become a very important ecto parasite in counties where economic development is based in cattle. Meat, milk and skin contamination are principal losses caused by tick. Cattle producers have been abuse of use of tickcides, situation that produce arise of resistance of this ecto parasites to chemical products. For this reason, is very important to develop non-chemical tickcides using natural and biological products which can to control the tick population and, very important, don't have a negative impact on ecosystem. In this search of alternative methods, this work underlines the importance of the new strategies which have been generating in recent years.

Key words: Biological Control, *Boophilus microplus* (CAN.).

INTRODUCCIÓN

Boophilus microplus (CAN.) es un ectoparásito que causa pérdidas importantes en la áreas tropicales y subtropicales del planeta, afecta la producción y salud del ganado bovino; es vector de hongos, virus, rickettsias, bacterias y protozoarios como los hemoprotozoarios de babeosis bovina (*Babesia bigemina* y *B. bovis*) (Pruett *et al.*, 2006; Álvarez *et al.*, 2005; Andréa *et al.*, 1999). Estas enfermedades causan una reducción en la producción de leche y carne (Castro- Saines *et al.*, 2006; Álvarez *et al.*, 2005), en el ganado bovino pueden causar anemia y en ocasiones la muerte. Asimismo, han sido un obstáculo importante para el esfuerzo destinado a mejorar el sector ganadero en varios continentes durante el último siglo (FAO, 2003).

En México esta especie de ectoparásito está considerada como la principal limitante para el mejoramiento genético y aumento de la productividad bovina y representa, además, una limitante sanitaria para la movilización del ganado de México hacia Estados Unidos (George, 2003). Se estima que en el país al año se aplican 90 millones de tratamientos en contra de la garrapata lo que da un indicativo de la cantidad de dinero gastado en la compra de garrapaticidas químicos (Fernández, 2003). El control de las garrapatas en México es en gran medida por medio del uso de garrapaticidas químicos principalmente con organofosforados, amitraz, organoclorados y piretroides, lo cual ocasiona efectos ambientales negativos (Drummond, 1969), sobre todo por el uso irracional e indiscriminado (Shelton y Karns, 1988; Santamaría *et al.*, 1999; Davey y George, 1999; De Castro, 1997).

En el ganado bovino, la producción de leche y carne se ve afectada por la contaminación de residuos químicos; por

otro lado, este uso excesivo ha generado el desarrollo de resistencia en el ectoparásito. Es por ello que la diseminación y distribución de la resistencia a los garrapaticidas entre el ganado en muchas partes del mundo apunta hacia posibles limitaciones para el uso futuro de garrapaticidas químicos en programas de control de garrapatas (Fernández *et al.*, 2005; 2006). Esta situación ha generado que los garrapaticidas sean cada vez menos efectivos (Thiago, 2004; De la Fuente, Everton, 2004; Vania, 2004).

La resistencia es consecuencia inevitable de la utilización de químicos anti-garrapatas. Está comprobado que una vez que un parásito adquiere resistencia a un químico lo tendrá a otros productos del mismo grupo. Un estudio realizado por la FAO y la Oficina Internacional de Epizootias (OIE) reveló que el 77% de los 151 países miembros de la OIE sufren resistencia en endo y ecto parásitos (<http://www.fao.org/ag/againfo/subjects/es/health/man/para-res.html>).

Factores causales de la resistencia

La aplicación indiscriminada de ixodicidas ha ocasionado la aparición de cepas de garrapatas resistentes a nivel de campo. El desarrollo de la resistencia es un proceso evolutivo que aparece por selección genética y se presenta en tres fases:

- a) Fase de establecimiento. Momento en que surge el alelo resistente en una población y el proceso se realiza por mutaciones naturales e independientes a la presión de selección.
- b) Fase de desarrollo. Es el incremento en el número de individuos resistentes que ocurre por la tasa de sobrevivencia preferencial sobre individuos susceptibles después del uso de productos químicos.
- c) Fase de emergencia. Este proceso corta y el alelo de resistencia es

común en la población que manifestará ineficacia del garrapaticida (CONACYT-SAGARPA-2002-C01-1754; Santamaría *et al.*, 1999).

Dado que cada día es más difícil el control de plagas, se ha recurrido al uso de alternativas que no causen daños en el ambiente, que la degradación de los residuos sea rápida y principalmente que no afecte a especies que son benéficas para el hombre. Una de estas alternativas empleadas es el control biológico, donde el objetivo principal es mantener la población plaga a niveles que no cause un perjuicio económico. Las ventajas que presenta es el poco o nulo efecto colateral a otros organismos y el desarrollo de resistencia en casos del control biológico es rara. Con la aplicación de estrategias de control biológico, el tratamiento con plaguicidas es eliminado por completo o de manera sustancial y no existen problemas de intoxicación. Para combatir la garrapata, dentro del control biológico se han usado diversos organismos como hongos, nemátodos, plantas, algas, virus, bacterias (Vania, 2004; Thiago, 2004; Tamez, 2001) con resultados variables. Visto lo anterior, en este trabajo se revisa el estado del arte en las estrategias de control de un ectoparásito de interés económico.

OBJETIVO

Revisar y compilar el estado del arte de las estrategias de los métodos de control natural y control biológico descritos contra la garrapata del ganado, *Boophilus microplus* (CAN.).

MÉTODOS DE CONTROL NATURAL

Plantas. El uso de plantas para la obtención de metabolitos secundarios en los últimos años se ha incrementado considerablemente. Por ejemplo, mención especial merecen algunas especies de la

familia Meliáceae. Entre los representantes de esta familia están el árbol de neem (*Azadirachta indica*) y la melia (*Melia azedarach*).

A. indica ha demostrado ser eficaz para el desarrollo de insecticidas botánicos. Algunas de sus características importantes es que regula el crecimiento del insecto y modifica en algunas especies la alimentación u ovoposición; ha servido como paradigma para el desarrollo de otros insecticidas que funcionan como modelo de acción neurotóxicos. La ventaja del neem es que no persiste en el ambiente (Hall, 1999).

M. azedarach es una planta usada en la medicina tradicional y para el control de plagas, entre ellos la garrapata. En la actualidad es una especie importante como insecticida basado en los componentes fitoquímicos que se han obtenido de ésta.

Borges *et al.* (2003) prepararon extractos a partir de frutos maduros hexánicos, etanólicos y clorofórmicos, observando que, al exponer la larva a los extractos, se presentó un alto porcentaje de mortalidad, además, en las hembras produjeron una inhibición total o parcial de la producción de huevos y embriogénesis. Concluyeron que esta planta puede ser usada para el control de poblaciones resistentes de *B. microplus* y que los terpenoides y los sesquiterpenos causan daños adversos en el desarrollo de ovarios, fecundidad y fertilidad.

Facey *et al.* (2005) realizaron una evaluación de *Hyptis verticillata* Jacq., especie medicinal que posee propiedades fitotóxicas, algunos de los componentes químicos son sesquiterpenos canadina-4,10 (15)-dien-3-one y aromadendr-1(10)-en-9-one (squamulosone). Dadas las características de esta planta, se evaluó la actividad acaricida contra hembras adultas de garrapatas usando partes aéreas frescas para obtener aceites esenciales

llevados a polvo; las alícuotas usadas fueron 2.0, 4.0, 6.0 y 8.0 μL y fueron aplicados tópicamente en el dorso de la garrapata adulta. La mortalidad se registró a las 96 horas, siendo la concentración de 4.0 $\mu\text{L/g}$ en la que presentó mayor mortalidad. *H. verticilada* provee una alternativa natural como pesticida en el control de *B. microplus*.

Pereida *et al.* (2004), evaluaron la eficiencia del extracto de raíces de *Dahlstedtia pentaphylla* que posee como principio activo la rotenona y saponinas entre otros compuestos similares, a presentado actividad contra *B. microplus*. Para la realización de las pruebas usaron teleóginas (hembras ingurgitadas) y larvas no nutridas. Los extractos se obtuvieron a partir de 3 solventes (agua, etanol y acetona) para determinar cuál de los solventes era más eficiente para la extracción de rotenonas. La cual fue caracterizada por el color rojo adquirido al agregar de ácido nítrico. Los resultados obtenidos evidencian la actividad acaricida de *D. pentaphylla*.

Dentro de la gramíneas *Melinis minutiflora* ha sido relacionada con la secreción que producen sus tricomas en tallos y hojas, por lo que se ha pensado que esta sustancia de fuerte olor a melaza es responsable del efecto de repelencia en *B. microplus*, especialmente a larvas, ya que el ganado mantenido en este pasto presenta menos garrapatas adultas, por lo que extractos de *M. minutiflora* fueron estudiados e investigaron el efecto de repelencia e identificaron los compuestos químicos en contra de larvas de *B. microplus* e identificar los compuestos químicos presentes en ellos. Para la preparación del extracto usaron tallos, hojas y la planta completa, tratados con diferentes solventes orgánicos (metanol, cloroformo, hexano y acetona); la identificación de los compuestos químicos se realizó por cromatografía de gases-espectrometría de masas utilizando el extracto de planta completa en acetona.

Demostraron que el mejor extracto en mostrar el efecto de repelencia es el de acetona, el cual se ubicó en un margen de 43% a 90% e identificaron 12 compuestos químicos, la mayor abundancia relativa correspondió al eicosano (18.53%), ácido linolenico metil ester (16.08%) y ácido hexadecanoico (14.20%); es posible que la acción aditiva de todos los compuestos identificados influya en el efecto de repelencia (Muro *et al.*, 2004).

En Colombia, para el control de este ectoparásito, emplean extractos acuosos de *Polygonum punctatum*. Aunque a partir de técnicas químicas se aislaron los compuestos químicos potencialmente responsables de la actividad garrapaticida, la desventaja de aislar los compuestos y probarlos contra la garrapata es que no muestran ninguna actividad acaricida en las larvas, adultos, ovoposición y en la eclosión; por lo tanto, los autores determinaron que la actividad que presenta *P. punctatum* en las aplicaciones en campo se debe al efecto repelente que puede tener la planta más que a un efecto tóxico o alimentario directo (Marín, 2001).

MÉTODOS CULTURALES

Este tipo de método se ubica fuera del hospedero y está relacionado con las prácticas culturales que en el caso de la ganadería son las prácticas relacionadas con el mantenimiento de potreros e involucra actividades como: quema controlada, inundación, remoción de maleza, subsoleo, descanso y rotación de potreros y modificación o manipulación del hábitat. Estas estrategias están catalogadas como actividades que afectan adversamente al desarrollo de las garrapatas por el efecto que produce en el microclima y el mesoclima lo que ocasiona descontrol en el micro hábitat de *B. microplus*. La ventaja que tiene este método es que se considera limpio y ecológico (Fernández, 2003). El uso de fuego: aunque su principal objetivo no es

el control de la garrapata, tiene efecto directo en este, por la exposición a altas temperaturas. Las altas temperaturas, la inundación, el barbecho y corte del terreno controlan la población de garrapatas; la remoción de maleza donde el segado de la vegetación reduce la densidad de las garrapatas de un 50 a 85% por hectárea, la rotación de potreros consiste en impedir que la larva encuentre al hospedero, y muera de hambre (Fernández, 1999; Viviana, 2001).

El baño de inmersión es el método más conocido y de mayor difusión, ya que el animal se moja totalmente y se pone en contacto con los distintos estadios evolutivos del *B. microplus*. Los bovinos se usan como si fueran imanes que recolectan las neo - larvas en los potreros y las traen fijadas en su cuerpo al baño, y allí mueren. Para lograr la "limpieza del ganado" es necesario repetir el baño a intervalos regulares (21 días) durante por lo menos 9 meses, ya que cualquier descuido que permitiera la evolución de una sola teleogina, ésta re-infestará el campo con sus aproximadamente 3.500 huevos y todo el esfuerzo resultará nulo. (Viviana, 2001).

MÉTODOS DE CONTROL BIOLÓGICO

Hongos

Los estudios sobre el control biológico de las garrapatas tanto con extractos botánicos como con hongos entomopatógenos a nivel mundial están cobrando relevancia debido al problema de la resistencia, no obstante en la realidad no son aplicables (Fernández *et al.*, 2005, 2006; Zhioua, 1997). En la actualidad se están produciendo hongos entomopatógenos por métodos semi-industriales, lo que propicia la obtención de bio-preparados en base a *Beauveria* spp, *Metarhizium* spp, *Trichoderma* spp, entre otros. Estos constituyen una

alternativa de control biológico, como insecticidas y acaricidas; por sus características biológicas y modo de acción (Samish y Rehacek, 1999).

Algunos de estos hongos con potencial son *Metarhizium anisopliae* (Metch.) Sor. (Zhioua *et al.*, 1997; Correira *et al.*, 1998); *Paecilomyces fumosoroseus* (Wize) Brown & Smith, *Verticillium lecanii* (Zimm), *Aspergillus parasiticus* (Speare), *Beauveria bassiana*, (Bals.) Vuill. (Bazan, 2002; Kaaya *et al.*, 1996; Rijo *et al.*, 1992). Algunas de las ventajas de los hongos entomopatógenos con respecto a los acaricidas químicos es que no contaminan el ambiente, no representan un peligro a insectos benéficos, aves y a mamíferos, no son fitotóxicos; no generan resistencia; y no dejan residuos tóxicos en los alimentos (fira.gob.mx). *Metarhizium anisopliae* fue uno de los primeros hongos en ser investigado, actualmente es común su uso en el desarrollo de pesticidas biológicos para el control de garrapatas (Everton, 2004, Perry, 2005); provoca la muerte del parásito al endurecerse y cuando el micelio del hongo brota a través de las articulaciones, el parásito queda con una cubierta blanca de apariencia algodonosa. Con este hongo, los parásitos afectados toman una coloración verdosa producto del crecimiento y esporulación del mismo en la superficie (fira.gob.mx). Por otro lado, son considerados como factores importantes para la reducción de la población de especies plagas (Thiago, 2004).

Los hongos cuentan con diferentes estrategias para atacar al hospedero; por medio de un estudio histológico observaron las modificaciones que se presentan al estar *M. anisopliae* en contacto con *B. microplus*, al ser invadido por un proceso patogénico donde el conidio se une y penetra por la cutícula de la garrapata (Perry, 2005; Samish). Por ello, actualmente se están desarrollando investigaciones para la obtención de métodos capaces de controlar las plagas

principalmente *B. microplus*. La formulación del hongo con Tween-80 produce una alta germinación.

En otro estudio Perry *et al.* (2005) determinaron si las cepas de *M. anisopliae* (ARSEF3297 y IMI386697) tienen la capacidad de crecer en la superficie del ganado y mantener su patogenicidad contra *B. microplus*, en estudios de laboratorio y de campo. Las temperaturas del ganado fluctuaron entre 30 y 35.8 °C siendo semejante temperatura ambiental. Sin embargo, fluctuaciones más amplias fueron obtenidas en las orejas (28–35 °C) y la espina dorsal (30–41 °C), Durante el bioensayo de laboratorio, la cepa mantuvo su patogenicidad a los 28.8 °C semejante a la superficie corporal del ganado. El crecimiento de IMI386697 fue mayor en 34 °C, fue más patógena y produjo mayor reducción en la población de las garrapatas. Es importante considerar los microclimas de la superficie del huésped ya que pueden influir en la patogenia del hongo. Las garrapatas fueron expuestas al 1×10^8 conidio ml^{-1} , hembras completas y cutícula obtenidas de las hembras fueron sumergidas en la solución del conidio durante 30 s y posteriormente realizaron las observaciones al microscopio estereoscópico, donde observaron las diversas capas de la cutícula. El conidio se diferencia, ejerce presión mecánica y provoca la secreción hidrolítica de la enzima que lleva a cabo la penetración la cual se observa a las 72 horas y después a las 96 horas, *M. anisopliae* produce modificaciones morfológicas significativas en la cutícula, y en su eficacia infecciosa en *B. microplus* (Walquiria *et al.*, 2005).

En 2004, Valeria *et al.*, realizaron un estudio que permitiera identificar genes implicados en el proceso de la infección, usaron para el análisis cDNA del conidio germinado de *M. anisopliae* en la cutícula de *B. microplus* y cDNA durante el crecimiento micótico. Para la secuencia realizaron 135 análisis de clones y comparación que utiliza las bases de

datos públicos llevó a la identificación de 34 sucesiones y 14 etiquetas expresadas de la sucesión conocida. La diversidad de grupos de genes encontrados refleja la participación de varias proteínas en el proceso temprano de la infección de *M. anisopliae* en el ganado.

Por otro lado *Beauveria bassiana* es un patógeno muy conocido de amplio espectro que se ha utilizado en el control biológico de varios artrópodos plaga como *B. microplus*. *B. amorpha* tiene tanto características endofíticas como entomopatógenas; su capacidad para el control biológico todavía no ha sido estudiada. Durante los procesos de la infección del huésped, *B. bassiana* y *B. amorpha* producen varias enzimas hidrolíticas extracelulares incluyendo proteasas y quitinasas que probablemente degradan la cutícula del insecto, lo cual sugiere su determinada patogenicidad. Es deseable determinar la penetración de la cutícula y cómo su síntesis se regula en estos dos modelos micóticos. El conocimiento de cómo la producción de proteasas y quitinasas se regula, podría ser sumamente pertinente a la comprensión del proceso patógeno. Por lo tanto, en este trabajo analizaron la producción de ambas enzimas de *B. bassiana* y *B. amorpha*, apoyados en la microscopía electrónica.

Los hongos entomopatógenos evolucionaron las estrategias claras para su fijación a los huéspedes, variando considerablemente en sus modos de la acción, la virulencia y el grado de especificidad del huésped. La penetración directa de la cutícula intacta es el modo normal de entrada en la mayoría de los hongos entomopatógenos *B. amorpha*. Perry *et al.* (2005) formularon un pesticida biológico para el control de garrapata a partir de aceites de coco, laminas parafinicas y emulsificantes adyuvantes de *M. anisople*; usaron la cepa ARSEF3297 y 1×10^6 conidio ml^{-1} , los cuales fueron sumergidos en los aceites para inducir la

germinación; el agua tiene la ventaja de ser un agente formulador no tóxico, siendo este donde se obtuvo un alto porcentaje de germinación a las 24 y 48 horas.

En este estudio no es la excepción y el conidio tiene la capacidad de germinar en la superficie del huésped y a menudo son capaces de atacar la epicutícula de la superficie. La multiplicidad de estas enzimas proporciona un desafío mayor a determinar el papel jugado por cada enzima particular en la adaptación a un nuevo ambiente o en la patogenicidad. (Roberta *et al.*, 2004). *B. bassiana* es un importante hongo entomopatógeno usado como bio-acaricida y mico-insecticida a partir del cual se han desarrollado gran variedad de insecticidas. *B. microplus* es una de las especies con la cual se han realizado pruebas para su control, (Greg 2005; Thiago, 2004). Siendo uno de los agentes más prometedores para control de garrapata y debido al excesivo uso productos químicos como los piretorides y al incremento de la resistencia.

Realizaron un estudio para probar la sinergia entre *B. bassiana* y *B. microplus* resistentes a deltamethrina, usaron suspensiones de conidios en concentraciones de 108, 107, 106, y 105 conidia ml⁻¹, las concentraciones de 6.25, 3.12, 1.56, 0.78, y 0.39 ppm, con 10 repeticiones, con un alícuota de 50 mg de huevos de *B. microplus*. El objetivo fue evaluar el porcentaje de mortalidad a los 10 días después de aplicar el tratamiento. La sinergia fue demostrada cuando *B. bassiana* y el detramin actuaron en contra de las larvas de la garrapata con la concentración de 108 con ml⁻¹ al mostrar LC50 de 0.37. La asociación del hongo y el piretroide sintético, presentó alta mortalidad, siendo el porcentaje directamente proporcional con la concentración de la asociación (Thiago, 2004).

Everton *et al.* en el 2006, aislaron *B. bassiana* con el objetivo de evaluar la

morfología, el potencial de virulencia contra larvas de *B. microplus* y la variabilidad genética de *B. bassiana*, obtenida de hembras *B. microplus* en Río de Janeiro. Los hongos se cultivaron en medio de cultivos para favorecer su crecimiento y después de 8 días de incubación fueron descritas las características del los hongos como, el tamaño de la colonia, color, forma, entre otras. Los 3 bio-ensayos realizados fueron 104, 106, 108, conidios/ml. A los tubos que contenían las larvas se les agregó 1 ml de la suspensión de conidia, manteniéndose sumergidas por 5 min. El exceso de la suspensión se eliminó. Observaron la mortalidad 10 días después de de inoculación. La cepa obtenida fue cultivada en el medio líquido (CM) por 48 hr a 25°C (130 rpm). Los resultados obtenidos confirmaron que *B. bassiana* es letal para larvas de *B. microplus* y se observa al usar la concentración más alta y que este estudio no sólo mostró el uso potencial de *B. bassiana* en el control de *B. microplus*, también presentó RAPD-PCR como un útil instrumento para indicar intraespecificidad de las variaciones genéticas en esta especie del hongo entomopatógeno.

Nemátodos

Los nemátodos son organismos que causan esterilidad o muerte del insecto hospedero. Existen asociaciones naturales entre insectos y nemátodos, en donde algunos nemátodos son capaces de parasitar insectos sanos, se consideran que poseen los atributos necesarios de un agente de control biológico ideal, debido al amplio rango de hospederos, además que causa la muerte al organismo entre las 24 y 48 horas, posee también la capacidad de mantener su actividad después de 12 meses almacenado en condiciones favorables (Salas, 2002; Marineide, 2004).

Entre la diversidad de agentes biorreguladores reconocidos ampliamente,

numerosas especies de nematodos de los géneros *Steinernema* (Familia Steinernematidae) y *Heterorhabditis* (Familia Heterorhabditidae). Estos dos géneros aun dependen de bacterias como fuente alimenticia y han desarrollado mecanismos para transportar e introducir a insectos las bacterias del género *Xenorhabdus*. Los cuales son capaces de matar a los insectos en 48 horas, convirtiendo los cadáveres en un hábitat conveniente para el crecimiento y reproducción de nemátodos (fira.gob.mx).

Poseen los atributos de un agente de control biológico ideal, considerando su seguridad a invertebrados, plantas y otros organismos no plaga, son fácilmente aplicados usando equipos estándares de aspersión y su producción es masiva y pueden jugar un papel importante en el control de plagas. Los nemátodos de estas familias se encuentran asociados en forma natural a diversas especies de gallinas ciegas. La reproducción masiva de nemátodos se puede realizar en casi todos los insectos hospederos; sin embargo, este tipo de multiplicación no es económico debido a lo intensivo del trabajo, por lo que se ha logrado implementar un tipo de producción in vitro (Molina; 2002, fira.gob.mx).

En un estudio realizado por Viviana (2004) usaron diferentes concentraciones de nemátodos (0, 375, 500, 750, 1.500, 2.500, 5.000 y 25.000), para inhibir el efecto de eclosión de la garrapata, los resultados mostraron una reducción del 90% en los huevos colocados en una concentración de 5.000 con *S. glaseri* y de *H. bacteriofor*, en 80% en una concentración de 1.500. La eficacia del tratamiento con ambas especie de nemátodos entomopatógenos era compatible con otros métodos del control. Los resultados muestran el potencial de *S. glaseri* y *H. bacteriofora* como agentes de control biológicos de *B. microplus* bajo condiciones de laboratorio.

Bacterias

Las bacterias son microorganismos distribuidos prácticamente en todos los hábitats. Se reproducen por fisión binaria con gran profusión en ambientes aerobios y anaeróbios, cálidos o fríos, luminosos u oscuros, secos o húmedos, ocupando niveles como parásitos obligados o saprofitos (fira.gob.mx).

Bacillus thuringiensis. Su característica más distintiva es la presencia de un cristal que constituye la capacidad insecticida propia de la bacteria. Este cristal normalmente presenta toxicidad a una diversidad de larvas de lepidópteros, incluyendo a un número significativo de plagas agrícolas. *B. thuringiensis* es una bacteria que causa enfermedad y muerte. *B. thuringiensis* no es solamente la bacteria sino el entomopatógeno más conocido y estudiado como agente de control microbial, ya que más del 90% del mercado de bioinsecticidas lo cubren productos a base de esta bacteria (fira.gob.mx).

Cedecea lapagei (Enterobacteriaceae) usada para infestar naturalmente hasta 40 % de hembras de *B. microplus*, Estas bacterias infectan y destruyen el epitelio del área vaginal de la garrapata. La inyección de 1 µl de 2×10^9 (Samish).

Perspectivas

Dados los avances en las diversas áreas del control biológico en cuanto al combate de *Boophilus microplus* (CAN.) se han logrado obtener avances prometedores, lo cual resultaría un logro muy importante para la ganadería en México y otros países. Por ello es necesaria la aplicación en campo de estas técnicas que favorezcan el control de la garrapata y como consecuencia haya una disminución marcada en el uso de

acaricidas químicos y por lo tanto de contaminación al ambiente.

Es necesaria la continuación de la búsqueda de alternativas de control dentro de esta área.

AGRADECIMIENTOS

Desde lo más profundo de nuestro corazón agradecemos al Dr. Eduardo Aranda Escobar por ayudarnos en la redacción de este documento.

Al Dr. Eduardo Aranda, Dr. Víctor Manuel Hernández y al Dr. Fernando Iván Flores por motivarnos a dar pasos más seguros en nuestra formación como futuros investigadores.

LITERATURA CITADA

Álvarez Campos, Walquíria Arruda, Juliano Tomazzoni, Boldo, Marcia Vanusa Da Silva, Neiva Montero de Barros, Joao Lucio deAzevedo, Augusto Sachrank, Marilene Henning Vainstein. 2005. *Boophilus microplus* infection.

Andréa C. Fogac A, Pedro I. Da Silva, Jr, M. Teresa M. Miranda Antonio G. Bianchi, Antonio miranda, Paulo e. M. Ribolla and Sirlei Daffre. Antimicrobial activity of a Bovine Hemoglobin fragment in the Tick *Boophilus microplus*. The Journal of Biological Chemistry. 274(36): 5330-25334

Bazan Tene M. 2002. Efecto de *Metarhizium anisopliae* (Deuteromycotina: Hiphomycetes) en el control Biológico de *Boophilus microplus* Canestrini (Acari: Ixodidae) En Ganado Bovino Estabulado. Tecoman Colima, México. (tesis). Pp 67-75.

Borges L. M. F., P. H. Ferrly, W. J. SILVA, W. C. SILVA and J. G. SILVA. 2003. In vitro efficacy of extracts of *Melia azedarach* against the tick *Boophilus*

microplus. Medical and Veterinary Entomology 17: 228–231.

Castro- Saines, E, Rosário –Cruz R, Torres-Agaton F, Hernandez Castro E, Hernandez-Ortiz R, Garcia-Vazquez Z. 2006. El papel de la glutation-s-transferasa y su asociación con la resistencia a ixodicidas en la garrapata *Boophilus microplus*. III simposio internacional en producción animal. MSPA, UAG. Acapulco, Gro. Méx. Pp 235-240.

Cornelia Turni, Rogan P. Lee y Louise A. Jackson. 2002. Effect of salivary gland extracts from the tick, *Boophilus microplus*, on leucocytes from Brahman and Hereford cattle. Parasite Immunology. 24, 355–361

Correia A.C.B., Fiorin A.C, Monteiro A.C y Verissimo C.J. 1998. Effects of *Metarhizium anisopliae* on the tick *Boophilus microplus* (Acari: Ixodidae) in stabled cattle. Journal of Invertebrate Pathology, 71: 189-191.

Everton Kort Kamp Fernández, Gisela Lara Da Costa, Aurea María Lage De Morales and Vania Rita Elias Pinheiro Bittencourt. 2004. Entomopathogenic potencial of *Metarhizium anisopliae* isolate from engorged females and tested in eggs and larvae of *Boophilus microplus* (Acari: Ixodidae). J. Basic Microbiol. 44 (4), 270 – 274.

Facey PC; Porter RB; Reese PB; Williams LA. 2005. Biological activity and chemical composition of the essential oil from Jamaican *Hyptis verticillata* Jacq. Journal Of Agricultural And Food Chemistry. Vol. 53 (12), pp. 4774-7.

FAO. 2003. Resistencia a los antiparasitarios: Estado Actual con énfasis en América Latina. Producción y Sanidad Animal 157.

Fernández R. M, Bahena J. F, Hernández V. V y Romo M. A. 2006. Porcentajes de inhibición de la Ovoposición de Diferentes

Biopreparados y Extractos Botánicos en Hembras Ingurgitadas de *Boophilus microplus*. Entomología Mexicana 5(2): 931-934.

Fernandez R.M, Osorio M.J, Berlanga G.A, Romo M.A Hernandez V.V y Arredondo B.H. 2006. Evaluación del efecto de *Metarhizium anisopliae* sobre *Boophilus microplus* resistente a Ixodidas en bovinos Infectado artificialmente. In: III Simposio Internacional En Producción Animal, 23 y 24 de febrero 2006, Acapulco Guerrero México.

Fernandez R.M, Zhioua E., Garcia V.Z. 2005. Infectividad de *M. anisopliae* en contra de cepas de garrapata *Boophilus microplus* sensible resistente a los organofosforados. Tec Pecu Mex 43(3)433-440.

Fernandez, R.M. 2003. Alternativas de combate contra la garrapata *Boophilus microplus* por medio de plantas forrajeras con efecto anti-garrapata. Tesis de Doctorado Universidad Autónoma Metropolitana unidad Xochimilco, México, DF.

Folleto técnico N° 1. 2005. Resistencia de la garrapata *Boophilus microplus* a los ixodidas en el sureste de México CONACYT-SAGARPA-2002-c01-1754

Muro Castrejón F. J., Carlos Cruz-Vázquez, Manuel Fernández-Ruvalcaba, Jorge Molina Torres. 2004. Repellent effect of *Melinis minutiflora* extract on *Boophilus microplus* tick larvae. Veterinaria Mexicana 35(2), pp 153, 159.

Hall R., Franklin y Julius J. Menn. 1999. Biopesticides Use and Delivery. Humana Press, Totowa, New Jersey. ISBN 0-89603-515-8 pp 139-140

George, J. 2003. The impact of acaricide-resistant ticks on the exportation of cattle from Mexico into de U.S.A. V Internacional seminal of animal parasitology, Merida,

Yucatan. SENASICA-INIFAP-INFARVET-UADY-FAO-AMPAVE. Pp. 22-27.

Ian F. Turnbull, Donald R. J. Smith, Phillip J. Sharp, Gary S. Cobon, And Michael J. Hynes. 1990. Expression and Secretion in *Aspergillus nidulans* and *Aspergillus niger* of a Cell Surface Glycoprotein from the Cattle Tick, *Boophilus microplus*, by Using the Fungal amdS Promoter System. Applied and Environmental Microbiology. 56 (9) 2847-2852.

Pruett J.H, P. M. untalan, R. B. Davey. 2006. Identification and partial purification of serologically defined *Boophilus microplus* larval antigen by natural ectoparasite exposure. Veterinary parasitology. 140. 148-157.

De la Fuente José, Manuel Rodríguez, and José C. García-García Immunological control of ticks through Vaccination with *Boophilus microplus* gut antigens. Ann. N.Y Acad Sci. 617-621.

Kaaya G.P. Mwangi E.N. y Ouna E.A. 1996. Prospects for biological control of livestock ticks, *Rhipicephalus appendiculatus* y *Amblyomma variegatum*, the Entomogenous Fungi *Beauveria bassiana* y *Metarhizium anisopliae* Journal of Invertebrate Pathology 67: 15-20.

Marín Camilo, Fernando Torres, Winston Quiñones, Fernando Echeverri. 2001. Fitoquímica y evaluación de la acción biológica de *Polygonum punctatum*. Revista latinoamericana de química. 29/2, pp. 100-107

Marineide Mendonc, Aguilera, Regina Celia Devitte Rodrigues, Márcia Prata. 2004. *Steinernema glaseri* Santa Rosa strain (Rhabditida: Steinernematidae) and *Heterorhabditis bacteriophora* CCA Strain (Rhabditida: Heterorhabditidae) as biological control agents of *Boophilus microplus* (Acari: Ixodidae). Parasitol Res. 94: 201-206.

Samish Michael. Biocontrol of Ticks. Annals New York Accademy of Sciences. original article

Tamez Guerra Patricia, Luís J. Galán Wong, Hiram Medrano Roldán, Cipriano García Gutiérrez, cristina Rodríguez Padilla, Ricardo A. Gómez Flores, Reyes S. Tamez Guerra. 2001. Bioinsecticidas: su empleo, producción y comercialización en México. Ciencia UANL.IV (002): 143-152.

Perry Polar, Marilena Aquino de Muro, Moses T.K. Kairo , Dave Moore, Rupert Pegram, Sally-Ann John, Cheryl Roach-Benn. 2005. Thermal characteristics of *Metarhizium anisopliae* isolates important for the development of biological pesticides for the control of cattle ticks. Veterinary Parasitology 134, 159–167.

Perry Polar, Moses T.K. Kairo, Dave Moore, Rupert Pegram & Sally-Ann Joh. 2005. Comparison of water, oils and emulsifiable adjuvant oils as formulating agents for *Metarhizium anisopliae* for use in control of *Boophilus microplus*. Mycopathologia 160: 151–157.

Roberta Álvarez Campos, Walquiria Arruda, Juliano Tomazzoni Boldo, Marcia Vanusa da Silva, Neiva Monteiro de Barros, Joao Lúcio de Azevedo, Augusto Schrank, Marilene Henning Vainstein. 2005. *Boophilus microplus* Infection by *Beauveria amorpha* and *Beauveria bassiana*: SEM Analysis and Regulation of Subtilisin-like Proteases and Chitinases. Current Microbiology. 50, pp. 257–261.

Rijo C.E.T., Rodríguez S.I., Vitorte E., y Gómez M. 1992. Control Biológico de *Boophilus microplus* con el entomófago *Pheidole megacephala*. IV Jornada Científica de la Sociedad Cubana de Zoología. Pp 72-77.

Kumar S. and J. K. Kondal.1999. Lack of Immunological Cross-reactivity of 36-kDa Secretory Salivary Gland Antigen of

Hyalomma anatolicum anatolicum with. Salas Luevano Distribución natural de nematodos entomopatógenos (Nematodo: Steinernematidae y Heterorhabditidae) en sistemas agroecológicos de Zacatecas. Tesis de Doctorado, Tecomán, Colima México. 2002, pp 12.

Samish, M y Rehacek, J. 1999. Pathogens and predators of tick and their potential in biological control (Review). Annual Review of Entomology. 44: 159-182.

Santamaria VM., Soberanes CN., Ortiz EM., Osorio MJ., 1999. Analysis of the current situation by surveyed susceptibility of *B. microplus* from 1993-1999. Proceed. IV Intl. Sem. Anim. Parasitol. Puerto Vallarta, Jalisco, México.

Santamaría, V.M; Soberanes, C.N; Ortiz, N.A; Fragoso S.H; Osorio, M.J; Martinez, I.F; Franco, B.R; Giles, H.I; Ortiz, E.M. 1999. Analisis de la situación actual mediante el monitoreo de susceptibilidad ixocidas en *Boophilus microplus* de 1993 a 1999 y medidas preventivas para retardar la resistencia al amitraz en México. IV Seminario Internacional de Parasitología Animal: Control de la resistencia en garrapatas y moscas de importancia veterinaria y enfermedades que transmiten. pp. 103-117.

Sathaporn Jittapalapong, Weeraphol Jansawan,Aswin Gingkaew, Omar O. Barriga, And Roger W. Stich. 2004. Protection of Dairy Cows Immunized with Tick Tissues against Natural *Boophilus microplus* Infestations in Thailand. N.Y. Acad. Sci. 1026: 289–297.

Kröber T. And P. M. Guerin. 1999. Ixodid Ticks Avoid Contact With Liquid Water. The Journal Of Experimental Biology 202, 1877–1883.

Thiago C. Bahiense and Vania R. E. P. Bittencourt. 2004. Laboratory evaluation of the compatibility and the synergism between the entomopathogenic Fungus

Beauveria bassiana and Deltametrinc to resistant strains of *Boophilus microplus*.

Valéria Dutra A, Luciano Nakazato A, Leonardo Broetto A, Irene Silveira Schrank .B. 2004. Application of representational difference análisis to identify sequence tags expressed by *Metarhizium anisopliae* during the infection process of the tick *Boophilus microplus* cuticule. Research in Microbiology. 155, pp 245-251.

Vânia R.E.P. Bittencourt. Trials to Control South American Ticks with entomopathogenic fungi. Annals New York Academy of Sciences. Pp 555-558.

Viviane de Oliveira Vasconcelos, John Furlong, Glaucia Marquez de Freitas, Claudia Dolinski, Marineide Mendonc, Aguilera. Regina Celia Devitte Rodrigues y Marcia Prata. 2004. *Steinernema glaseri* Santa Rosa strain (Rhabditida:

Ann. N.Y Acad Sci. 1026:319-322.

Steinernematidae) and *Heterorhabditis bacteriophora* CCA Strain (Rhabditida: Heterorhabditidae) as biological control agents of *Boophilus microplus* (Acari: Ixodidae). Parasitol Res 94: 201–206.

Walquiria Arruda, Irina Lubeck, Augusto Schrank And Marilene Henning Vainstein. 2005. Morphological alterations of *Metarhizium anisopliae* during penetration of *Boophilus microplus* ticks Experimental and Applied Acarology 37: 231–244.

www.fira.gob.mx/Boletines/boletin013_10.pdf

Zhioua E. M., Browning, P. W., Johnson, H. S., Ginsberg y R.A. Lebrun. 1997. *Beauveria bassiana* (deuteromycetes) to *Ixodes Scapularis* (Acari: Ixodidae). Journal of Parasitology, 38(5): 815-818.