

**EVALUACIÓN DE LA EFICIENCIA DEL
CONTROL DE GARRAPATAS (*Boophilus
microplus*) CON TRES FRECUENCIAS DE
APLICACIÓN DE BAZAM[®] (*Beauveria
bassiana*)**

Jaime Alfredo Fernández Tondelli

Zamorano, Honduras
Noviembre 2006

ZAMORANO
CARRERA DE CIENCIA Y PRODUCCIÓN AGROPECUARIA

**EVALUACIÓN DE LA EFICIENCIA DEL CONTROL DE
GARRAPATAS (*Boophilus microplus*) CON TRES FRECUENCIAS DE
APLICACIÓN DE BAZAM[®] (*Beauveria bassiana*)**

Proyecto especial presentado como requisito parcial
para optar al título de Ingeniero Agrónomo
en el Grado Académico de Licenciatura.

Presentado por:
Jaime Alfredo Fernández Tondelli

Zamorano, Honduras
Noviembre 2006

El autor concede a Zamorano permiso
para reproducir y distribuir copias
de este trabajo para fines educativos.
Para otras personas físicas o jurídicas
se reservan los derechos de autor.

Jaime Alfredo Fernández Tondelli

Noviembre del 2006
Zamorano, Honduras

**EVALUACIÓN DE LA EFICIENCIA DEL CONTROL DE
GARRAPATAS (*Boophilus microplus*) CON TRES FRECUENCIAS DE
APLICACIÓN DE BAZAM[®] (*Beauveria bassiana*)**

Presentado por:

Jaime Alfredo Fernández Tondelli

Aprobada:

Rogelio Trabanino, M. Sc.
Asesor principal

Alfredo Rueda, Ph. D.
Coordinador de Área Temática
Fitotecnia

Miguel Vélez, Ph. D.
Asesor

Abelino Pitty, Ph. D.
Director Interino Carrera de Ciencia
y Producción Agropecuaria

Alfredo Rueda, Ph. D.
Asesor

George Pilz, Ph. D.
Decano Académico

Kenneth L. Hoadley, M.D.B.
Rector

DEDICATORIA

A mi madre, por todo el esfuerzo que ha hecho para llevarme adelante.

A mi hermana, por su compañía en momentos difíciles.

A mis amigos, por su apoyo y amistad durante estos cuatro años.

A Leo, por todo su cariño y apoyo.

AGRADECIMIENTO

A mis asesores, Ing. Trabanino, Dr. Vélez y Dr. Rueda por todo el tiempo, apoyo y paciencia brindados durante la realización de este proyecto.

A Miguel Cocom por su apoyo en los trabajos de laboratorio.

A José Araya, por su apoyo y amistad.

Al personal del laboratorio de control biológico, por su ayuda desinteresada.

A todos los estudiantes de primer y tercer año, y a los trabajadores de la unidad de terneros, por su colaboración para la realización de este proyecto.

AGRADECIMIENTO A PATROCINADORES

A la fundación Nippon, sin su apoyo financiero no hubiera podido graduarme en esta universidad.

A IPM.CBSP y PROMIPAC, por la ayuda financiera brindada durante mi pasantía.

RESUMEN

Fernández Tondelli, J. 2006. Evaluación de la eficiencia del control de garrapatas (*Boophilus microplus*) con tres frecuencias de aplicación de BAZAM[®] (*Beauveria bassiana*). Tesis Ing. Agr. Zamorano, Honduras. 22 p.

Las garrapatas son el principal problema veterinario de la ganadería tropical, pueden causar pérdidas de producción importantes y llegar a causar hasta la muerte de los animales. Los métodos de control químico traen consigo peligros para la salud de las personas, de los animales y del ambiente, lo que abre paso a métodos alternativos de control. *Beauveria bassiana* es un controlador biológico efectivo de muchas plagas, entre ellas las garrapatas y no tiene los problemas asociados con el uso de productos químicos. El presente estudio evaluó la susceptibilidad de garrapatas al hongo entomopatógeno *B. bassiana* en condiciones de laboratorio y de campo. Las pruebas de laboratorio se llevaron a cabo con larvas obtenidas de la oviposición de parásitos adultos recolectados de animales infestados. Se evaluó la susceptibilidad de *Boophilus microplus* a tres diluciones de conidias puras de *B. bassiana* y se estimó la concentración letal media (CL₅₀) de BAZAM[®]. Se realizaron pruebas de campo en toretes y vaquillas infestados de garrapatas con tres frecuencias de aplicación de *B. bassiana* y se compararon los resultados del control y los costos con el control químico. Las larvas de *B. microplus* fueron altamente susceptibles a *B. bassiana* no encontrándose diferencias entre las concentraciones evaluadas y obteniendo mortalidades mayores de 90% en todos los tratamientos. La concentración letal media obtenida fue de 434 ppm (mg/L) de BAZAM[®]. Las aplicaciones en campo de BAZAM[®] y del producto químico (Amitraz) lograron llevar y mantener las poblaciones por debajo del nivel crítico (20 garrapatas/animal) en el periodo de 5 semanas destinado al ensayo. Hubo 73% de control en relación a la población inicial con los tratamientos de frecuencia baja (1 vez cada 2 semanas) y media (1 vez cada semana), 95% en el tratamiento de frecuencia alta (2 veces cada semana) y 89% en el control químico. El costo del tratamiento químico fue menor que el de los tratamientos biológicos, aunque una frecuencia de aplicación baja de BAZAM[®] resultó en una diferencia mínima de costos en comparación con el tratamiento químico (2.27 L por 4 terneros).

Palabras clave: Acaricidas, concentración letal media, control biológico, ectoparásitos, hongos entomopatógenos, veterinaria.

ABSTRACT

Fernández Tondelli, J. 2006. Evaluation of the control efficiency of ticks (*Boophilus microplus*) with three application frequencies of BAZAM® (*Beauveria bassiana*). Thesis Ing. Agr. Zamorano, Honduras. 22 p.

Ticks are the most important veterinary problem in tropical cattle; they can cause important milk and meat productions lose and even cause death to the animals. The chemical control methods carries with them danger to the people, animals and ambient health, this leaves space for alternative control methods. *Beauveria bassiana* is an effective biological controller of many pests, ticks been one of them, and it does not have the problems associated to the use of chemical products. This test evaluated the ticks' susceptibility to the entomopathogen *B. bassiana* in laboratory and field conditions. The laboratory tests were done with larvae obtained from the oviposition of adult parasites recollected from infested animals. The *Boophilus microplus* susceptibility to three dilutions of pure conidia of *B. bassiana* was evaluated and the median lethal concentration (CL₅₀) of BAZAM® was estimated. Field tests were done in tick infested calves and heifers with three application frequencies of *B. bassiana* and the control results and cost were compared with the chemical control. The *B. microplus* larvae were highly susceptible to *B. bassiana* not founding statistical differences between the evaluated concentrations and obtaining mortalities higher than 90% in all treatments. The median lethal concentration obtained was 434 ppm (mg/L) of BAZAM®. The field applications of BAZAM® and the chemical product (Amitraz) managed to diminish and maintain the tick population under the critical level (20 adult ticks/ animal) in the five week period destined to the test. Mortalities between 73.1% and 95.7% were obtained related to the initial population with the low frequency (1 time every 2 weeks) and high frequency (2 times every week) treatments respectively. The chemical treatment cost was lower than the biological treatments, but a low frequency application of BAZAM® got a minimal cost difference compared to the chemical treatment (2.27 L per 4 calves).

Key words: Acaricides, biological control, ectoparasites, entomopathogen fungi, median lethal concentration, veterinary.

CONTENIDO

Dedicatoria	IV
Agradecimiento	V
Agradecimiento a patrocinadores	VI
Resumen	VII
Abstract.....	VIII
Contenido	IX
Índice de cuadros.....	XI
Índice de figuras	XII
Índice de anexos	XIII
INTRODUCCIÓN.....	1
OBJETIVOS	4
MATERIALES Y MÉTODOS.....	5
LOCALIZACIÓN	5
ENSAYO 1: Evaluación de susceptibilidad de <i>Boophilus microplus</i> al hongo entomopatógeno <i>Beauveria bassiana</i>	5
Producción de garrapatas en laboratorio	5
A) Prueba de susceptibilidad en laboratorio.....	6
Preparación del inóculo	6
Inoculación	6
Muestreo y toma de datos.....	6
B) Estimación de CL ₅₀ de BAZAM [®] sobre garrapatas (<i>Boophilus microplus</i>)	6
Establecimiento de línea de base.....	6
Dosis diagnóstica.....	7
Muestreo y toma de datos.....	7
ENSAYO 2: Evaluación de BAZAM [®] para el control de <i>Boophilus microplus</i> en terneros bajo pastoreo en Zamorano	7
Aplicación de los productos	7
Muestreo y toma de datos.....	8

DISEÑO EXPERIMENTAL	9
ENSAYO 1: Evaluación de susceptibilidad de <i>Boophilus microplus</i> al hongo entomopatógeno <i>Beauveria bassiana</i>	9
A) Prueba de susceptibilidad en laboratorio.....	9
Modelo.....	9
Variables a medir.....	9
Análisis estadístico	9
B) Estimación de CL ₅₀ de BAZAM [®] sobre garrapatas (<i>Boophilus microplus</i>)	10
Establecimiento de línea de base.....	10
Dosis Diagnóstica.....	10
ENSAYO 2: Evaluación de BAZAM [®] para el control de <i>Boophilus microplus</i> en terneros bajo pastoreo en Zamorano	10
Modelo.....	10
Variables a medir.....	10
Análisis estadístico	11
RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	12
ENSAYO 1: Evaluación de susceptibilidad de <i>Boophilus microplus</i> al hongo entomopatógeno <i>Beauveria bassiana</i>	12
A) Prueba de susceptibilidad en laboratorio.....	12
Mortalidad	12
Infección.....	12
B) Estimación de CL ₅₀ de BAZAM [®] en garrapatas (<i>Boophilus microplus</i>)	13
Establecimiento de línea base.....	13
Dosis diagnóstica.....	13
ENSAYO 2: Evaluación de BAZAM [®] para el control de <i>Boophilus microplus</i> en terneros bajo pastoreo en Zamorano	14
Dinámica poblacional.....	14
Efectividad de control.....	15
Análisis de costos	16
CONCLUSIONES	17
RECOMENDACIONES	18
LITERATURA CITADA.....	19
ANEXOS	21

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro

1.	Detalle de los tratamientos establecidos en la prueba de susceptibilidad de <i>Boophilus microplus</i> al hongo entomopatógeno <i>Beauveria bassiana</i> en laboratorio.....	9
2.	Detalle de los tratamientos establecidos en la evaluación de dosis diagnóstica de la concentración letal media de BAZAM [®] sobre larvas de <i>Boophilus microplus</i>	10
3.	Detalle de los tratamientos establecidos en el ensayo de control de garrapatas (<i>Boophilus microplus</i>) en terneros bajo pastoreo en Zamorano, Honduras (2006).	11
4.	Porcentajes de mortalidad y esporulación a los 7 y 14 días posterior a la inoculación de larvas de <i>Boophilus microplus</i> con conidias de <i>Beauveria bassiana</i>	12
5.	Datos obtenidos en la evaluación del programa Probit para el establecimiento de línea base en el cálculo de CL ₅₀ de BAZAM [®] sobre garrapatas.	13
6.	Porcentajes de mortalidad y esporulación 7 días después de la inoculación en la dosis diagnóstica de la CL ₅₀ de BAZAM [®] sobre garrapatas (<i>Boophilus microplus</i>).	13
7.	Efectividad de control de garrapatas en terneros bajo pastoreo con BAZAM [®] (<i>Beauveria bassiana</i>) en tres frecuencias de aplicación y Amitraz. Zamorano, Honduras (2006).	15
8.	Costos incurridos en el ensayo de control de <i>Boophilus microplus</i> con BAZAM [®] y Amitraz en terneros bajo pastoreo en Zamorano, Honduras (2006).	16

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura

1. Línea de regresión obtenida en la prueba de estimación de CL₅₀ de BAZAM[®] sobre garrapatas (*Boophilus microplus*). 14
2. Dinámica poblacional de *Boophilus microplus* en terneros bajo pastoreo observada durante el ciclo de aplicación de BAZAM[®] y Amitraz desde el 12 de Octubre hasta el 17 de Noviembre en Zamorano, Honduras..... 15

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo

1. Cronograma de aplicaciones en campo.21
2. Información sobre el insecticida, acaricida Amitraz.21
3. Ciclo de vida de la garrapata de un huésped *Boophilus microplus*.22

INTRODUCCIÓN

Las garrapatas pertenecen a la clase Arácnida, orden Acari, familia Ixodidae y presentan un ciclo de vida de 4 fases: Huevo, larva, ninfa y adulto. Son parásitos de muchas especies de animales de sangre fría o caliente entre ellos el ganado bovino de leche o de carne, existiendo una especificidad relativa hacia sus hospederos (Gallardo y Morales 1999)

Las garrapatas del ganado vacuno (*Boophilus microplus* Canestrini, 1887) son el principal problema veterinario en las regiones tropicales y subtropicales (Rodríguez *et al* 1995). Son un grupo de parásitos artrópodos hematófagos causantes de una enfermedad parasitaria externa que afecta a los bovinos en todas sus edades, causándoles una anemia perjudicial para la producción de leche y carne, irritación y malestar (Drugueri 2004). Son también vectores de enfermedades, entre ellas:

- Babesiosis o piroplasmosis. Causada por *Babesia bigemina*, *B. argentina*, *B. bovis* y *B. divergens*. Son protozoos que atacan a los glóbulos rojos disminuyendo su cantidad funcional, llegando a ocasionar anemia, decaimiento, pérdida de la coordinación, hepatomegalia y esplenomegalia (Agrandamiento del hígado y del bazo, respectivamente), ictericia y hasta la muerte del animal.
- Anaplasmosis. Causada por *Anaplasma marginale*, rickettsia que ataca a los glóbulos rojos ubicándose en la periferia de éstos (en los márgenes). Díaz y Coromoto (s.f.) señalan que ocurre un aumento de la temperatura en los animales hasta alcanzar los 41°C, además se presenta anemia y síntomas asociados, como ser la ictericia, disminución de la producción de leche y carne, problemas reproductivos, pérdida de condición corporal y la muerte.

La anaplasmosis y la piroplasmosis se heredan a través de los huevos de la garrapata, de modo que las larvas nacen con la capacidad de transmitir el agente causal (Drugueri 2004).

La forma de control más utilizada ha sido el baño de los animales con productos químicos. Éstos tienen un amplio rango de control, son también utilizados para pulgas, piojos y otros ectoparásitos. Entre las desventajas del uso de estos productos se encuentra: La aparición de poblaciones resistentes, la toxicidad en los animales y la deposición en los productos como leche y carne.

En Cuba se ha desarrollado una vacuna recombinante (Gavac[®], Heber Biotec s.a.), basada en el antígeno oculto¹ Bm86 presente en el sistema digestivo de la garrapata. Se inyecta a los animales a dosis bajas para que éstos produzcan anticuerpos, los cuales al ser absorbidos por las garrapatas se unen al antígeno provocando daños intestinales irreversibles, lo que resulta en una menor cantidad de parásitos que completan el ciclo y una menor tasa de fertilidad en éstos. No solo se logra una disminución de la población actual de parásitos, sino también una disminución progresiva de generaciones posteriores debido a la reducción de la capacidad reproductiva (Valdez *et al.* 2005).

La vacuna es muy eficiente en zonas donde las poblaciones de garrapatas son altas durante todo el año dado que es el tiempo que dura la inmunización, pero en Honduras y otros países centroamericanos se presenta estacionalidad de las poblaciones, con elevada cantidad de parásitos en la época seca y una disminución considerable en la época lluviosa; Gallardo y Morales (1999) apuntan que precipitaciones mayores a los 200 mm se convierten en factores de regulación. Todo esto hace más rentable el uso de otros métodos de control.

Para el control biológico de las garrapatas se han utilizado hormigas entomófagas, parasitoides y también hongos entomopatógenos. Entre los hongos entomopatógenos se encuentran: *Beauveria bassiana*, *Metarhizium anisopliae* y *Verticillium lecanii*, logrando un control en laboratorio de hasta un 100% de los parásitos y efectividades técnicas de campo entre 75 y 80% (Cardona y Vergara s.f., Rijo s.f.). En Zamorano se logró obtener una disminución de la población de hasta el 79% en pruebas de campo (Espinoza 2005).

Beauveria bassiana se encuentra clasificado dentro del filo Deuteromicotina y en la clase Hyphomycetes dado que se desconoce una fase sexual en su ciclo de vida, se reproduce asexualmente produciendo conidias. Produce micosis en los insectos, también conocida como muscardina blanca. El modo de acción descrito por el Laboratorio de Control Biológico Zamorano (2006) se puede resumir en cuatro fases:

1. Adhesión a la cutícula de los insectos hospederos y germinación de la conidia. Algunas glicoproteínas pueden servir como un receptor específico para las esporas (Tanada y Kaya 1993).

La germinación es el proceso de formación de tubos germinales a partir de la conidia, los cuales dan origen al micelio y al resto de estructuras del hongo. Es un proceso muy dependiente de las condiciones ambientales, en especial de la humedad relativa. Guillespie (1988) apunta que pequeñas diferencias en la humedad pueden determinar el éxito de los hongos en el control de plagas.

2. Penetración de la cutícula. Ocurre debido a dos mecanismos, uno enzimático y otro mecánico. La hifa infectiva ejerce a la vez una presión física y una degradación química de la cutícula. La degradación química la logra con la producción de lipasas, proteasas

¹ Antígeno que permanece oculto al sistema inmunológico del animal, ya que no interviene en las relaciones hospedero-parásito a modo de no inducir inmunidad en el hospedero (Willadsen y Kemp 1988).

y quitinasas que destruyen o debilitan el exoesqueleto facilitando así la penetración mecánica del hongo.

El modo de penetración generalmente depende de las propiedades de la cutícula, grosor, esclerotización y la presencia de sustancias antifúngicas y nutricionales (Charnley 1984).

3. Crecimiento dentro del hemocele. Con la penetración de hifa infectiva hasta el hemocele se inicia la producción de toxinas y enzimas digestivas, con las cuales el hongo digiere los fluidos y órganos vitales del insecto para su alimentación y crecimiento.

Las toxinas causan la muerte del insecto debido a la degeneración de los tejidos, producto de la pérdida de la integridad estructural de las membranas seguido de la deshidratación de las células por pérdida de fluido (Ferrón 1981).

La micosis produce diferentes síntomas en el insecto afectado, tales como convulsiones, pérdida de la coordinación, alteración en el comportamiento y finalmente la muerte.

4. Esporulación del hongo. Si las condiciones ambientales son favorables (Humedad relativa > 80%), el hongo atraviesa la cutícula desde adentro y esporula sobre el insecto muerto. Si las condiciones no son favorables, sobrevivirá dentro del cuerpo del insecto hasta que haya buena humedad.

Existen muchas recomendaciones sobre el uso de éste hongo para el control de garrapatas, pero la información sobre experimentos o ensayos es muy limitada. Rijo (s.f.) recomienda deprimir las poblaciones con productos químicos y posteriormente seguir con las aplicaciones del producto biológico en una frecuencia semanal por las primeras 10 semanas y luego ir espaciando las aplicaciones cada 15 días, reduciendo la frecuencia de los baños.

El presente ensayo se realizó en la Escuela Agrícola Panamericana, ubicada en el valle de Yegüare, Honduras; evaluando la susceptibilidad de *Boophilus microplus* al producto microbiológico BAZAM[®] (*Beauveria bassiana*) en condiciones de laboratorio y de campo.

OBJETIVOS

General

Evaluar el efecto de *Beauveria bassiana*, utilizado para el control de garrapatas en ganado vacuno.

Específicos

- Determinar la mortalidad de garrapatas en laboratorio producida por una dilución de conidias puras de *B. bassiana*.
- Estimar la concentración letal media (CL₅₀) de BAZAM[®] para garrapatas.
- Determinar la efectividad del hongo *B. bassiana* (BAZAM[®]) en el campo aplicado en tres frecuencias: Dos veces por semana, una vez por semana y una vez cada dos semanas; comparándolo con el control químico comúnmente usado para garrapatas.
- Determinar costos de control de garrapatas con productos químicos y de las tres frecuencias de aplicación del hongo.

MATERIALES Y MÉTODOS

LOCALIZACIÓN

El ensayo 1 se realizó en las instalaciones del Laboratorio de Control Biológico de Zamorano ubicado en las instalaciones de la Carrera de Ciencia y Producción Agropecuaria de la institución. El ensayo 2 se realizó en los establos de crianza de terneros de la Escuela Agrícola Panamericana Zamorano, departamento de Francisco Morazán, Honduras. Se encuentra a 800 msnm, con 1200 mm de precipitación promedio anual y 24°C de temperatura promedio anual. Se realizó entre junio y octubre del 2006.

ENSAYO 1: Evaluación de susceptibilidad de *Boophilus microplus* al hongo entomopatógeno *Beauveria bassiana*

Producción de garrapatas en laboratorio

En el laboratorio se utilizaron larvas de garrapatas recién nacidas, para obtenerlas se siguió el procedimiento descrito por Cardona y Vergara (s.f.) ligeramente modificado.

Se recolectaron garrapatas en estado adulto (Teleóginas, con un largo de 4 a 8 mm) del ganado de la unidad de terneros de Zamorano y se procedió a su identificación como *B. microplus* utilizando las claves taxonómicas recopiladas por Ruedisueli y Manship (s.f.). Se desinfectaron con una solución de hipoclorito de sodio al 0.1% sumergiéndolas por un minuto y luego se colocaron sobre una hoja de papel toalla para retirar el exceso de humedad, posteriormente se trasladaron a 5 placas petri a razón de 8 adultos por placa para su oviposición.

Luego de la oviposición, los huevos fueron recolectados y colocados en tubos de ensayo con la boca cubierta con algodón para permitir el intercambio gaseoso. Se espera la eclosión de los huevos obteniendo larvas listas para el ensayo.

La duración de cada una de las etapas se especifica en el Anexo 3.

A) Prueba de susceptibilidad en laboratorio

Preparación del inóculo

Se prepararon tres concentraciones a partir de conidias puras de *Beauveria bassiana* (cepa Zamorano) y un testigo en agua estéril (Autoclave: 15 min a 120°C).

Las concentraciones evaluadas fueron: Alta, 2.5×10^8 conidias/mL; Media, 1.25×10^8 conidias/mL; Baja, 6.25×10^7 conidias/mL.

Inoculación

Se siguieron los procedimientos descritos por Cardona y Vergara (s.f.) ligeramente modificados. Se realizó por inmersión de las garrapatas durante 10 minutos en el inóculo preparado. Se colocó una cantidad suficiente de garrapatas en un tubo de ensayo vacío y se rellenó con el inóculo. Al cabo de 10 minutos se vació el inóculo junto con las garrapatas en un cono de papel toalla, de modo que el agua escurriera. Seguidamente, las garrapatas se colocaron en cámaras húmedas, preparadas con placas petri de plástico con un trocito de algodón húmedo. Se colocaron diez garrapatas en cada cámara y se selló con parafilm para mantener la humedad. Cada cámara fue una repetición. Se realizaron cuatro repeticiones por cada concentración de cada cepa más el testigo, usando un total de 160 garrapatas.

Muestreo y toma de datos

Se realizaron dos muestreos para evaluar la mortalidad de garrapatas, el primero a los 7 días después de la inoculación y el segundo a los 14 días.

Se contaron las garrapatas muertas en cada placa, y se diferenció la muerte por acción del producto (esporulación del hongo sobre la plaga) de la muerte por otras causas.

B) Estimación de CL_{50} de BAZAM[®] sobre garrapatas (*Boophilus microplus*)

Establecimiento de línea de base

Se prepararon nueve concentraciones diferentes del producto en escala logarítmica, de 3200 ppm (ppm = mg/L) hasta 25 ppm y un testigo con agua estéril, tal como se indican a continuación junto con su equivalencia en conidias/mL, de acuerdo al conteo realizado a las soluciones:

$$3200 \text{ ppm} = 6.23 \times 10^8 \text{ con/mL}$$

$$1744 \text{ ppm} = 3.40 \times 10^8 \text{ con/mL}$$

$$950 \text{ ppm} = 1.85 \times 10^8 \text{ con/mL}$$

$$\begin{aligned} 518 \text{ ppm} &= 1.01 \times 10^8 \text{ con/mL} \\ 282 \text{ ppm} &= 5.50 \times 10^7 \text{ con/mL} \\ 154 \text{ ppm} &= 3.00 \times 10^7 \text{ con/mL} \\ 84 \text{ ppm} &= 1.63 \times 10^7 \text{ con/mL} \\ 46 \text{ ppm} &= 8.90 \times 10^6 \text{ con/mL} \\ 25 \text{ ppm} &= 4.85 \times 10^6 \text{ con/mL} \end{aligned}$$

Se prepararon 400 mL de la solución madre con 3200 ppm del inóculo; a continuación se tomaron 218 mL de ésta solución que se mezclaron con 182 mL de agua estéril para obtener 400 mL de solución con una concentración de 1744 ppm y se procedió de la misma manera hasta obtener la solución de 25 ppm.

Con cada una de las diluciones se procedió a inocular y acomodar las garrapatas de la misma manera que en el ensayo de efectividad, con 4 repeticiones por cada concentración y utilizando un total de 400 garrapatas.

Dosis diagnóstica

Una vez estimada la CL_{50} se procedió a realizar una prueba de la concentración obtenida. Realizando 10 repeticiones del tratamiento con sus respectivas 10 repeticiones del testigo. La inoculación y el ordenamiento de las garrapatas se realizaron siguiendo los mismos procedimientos descritos anteriormente; utilizando un total de 200 garrapatas.

Muestreo y toma de datos

Se tomaron los datos de porcentaje de mortalidad y esporulación a los 7 días después de la inoculación para el establecimiento de la línea de base y la dosis diagnóstica.

ENSAYO 2: Evaluación de BAZAM[®] para el control de *Boophilus microplus* en terneros bajo pastoreo en Zamorano

Para este ensayo se seleccionaron animales de la sección de terneros y vaquillas de reemplazo de Zamorano que presentaban una infección considerable de garrapatas (>20 garrapatas/animal) en zonas como son las patas traseras, ancas, flancos y testículos. Se monitorearon garrapatas adultas, teleóginas, con un tamaño de 4 mm o mayor, midiendo una y estimando visualmente el resto al realizar los conteos. Se decidió dejar fuera del muestreo a larvas y ninfas debido a la dificultad de contarlas por su reducido tamaño y por la resistencia de los animales a ser manipulados durante el muestreo.

Aplicación de los productos

El producto microbiológico BAZAM[®] se aplicó en tres frecuencias: Dos veces a la semana, una vez a la semana y una vez cada dos semanas. Se utilizó una bomba asperjadora de mochila de 21 L, bañando completamente el animal poniendo especial atención a las zonas antes mencionadas a modo que el producto penetrara el pelaje. Se utilizaron 2 L por animal con una solución de 600 ppm (0.6 g/L) de BAZAM[®], dosis

utilizada por Espinoza (2005) con buenos resultados. El momento de aplicación del producto biológico fueron las horas frescas a partir de las 4:00 p.m. de la tarde.

Como control químico se aplicó amitraz (Fulminado[®]) a razón de 2 L por animal con una solución de 1 mL de producto por litro de agua, tomando un nivel crítico de 20 garrapatas por animal y un tiempo entre aplicaciones no menor a 15 días.

Muestreo y toma de datos

A través de los conteos visuales se monitoreó la población de garrapatas en cada animal antes de iniciar las aplicaciones y posteriormente se realizaron muestreos semanales, contando la cantidad de garrapatas adultas (tamaño ≥ 4 mm) vivas en cada animal. El tiempo destinado a las aplicaciones y muestreos fue de 5 semanas, del 12 de septiembre al 17 de octubre de 2006.

DISEÑO EXPERIMENTAL

ENSAYO 1: Evaluación de susceptibilidad de *Boophilus microplus* al hongo entomopatógeno *Beauveria bassiana*

A) Prueba de susceptibilidad en laboratorio

Modelo

Se usó un diseño completamente al azar (DCA) con cuatro tratamientos y cuatro repeticiones por tratamiento (Cuadro 1). Se tomó como unidad experimental cada garrapata inoculada y como repetición cada placa petri con diez unidades experimentales.

VARIABLES A MEDIR

Se determinó la mortalidad de garrapatas y el porcentaje de infección producida por el hongo a los 7 y 14 días después de la inoculación.

Análisis estadístico

Se evaluaron los resultados utilizando un modelo lineal general (GLM) y una separación de medias con el método Student Newman Keul's (SNK) con un nivel de significancia de 0.05 con el programa Statistical Analysis System® (SAS®).

Cuadro 1. Detalle de los tratamientos establecidos en la prueba de susceptibilidad de *Boophilus microplus* al hongo entomopatógeno *Beauveria bassiana* en laboratorio.

Tratamiento	Dosis	Concentración (Conidias/mL)
<i>Beauveria bassiana</i>	Alta	2.5×10^8
	Media	1.25×10^8
	Baja	6.25×10^7
Testigo		0

B) Estimación de CL₅₀ de BAZAM[®] sobre garrapatas (*Boophilus microplus*)

Establecimiento de línea de base

Se usaron diez tratamientos con cuatro repeticiones cada uno. Se tomó el dato de mortalidad de las garrapatas a los siete días y se evaluaron los datos con el procedimiento Probit establecido por Finney (1971), con el cuál se obtuvo la CL₅₀ del producto y la línea de respuesta

Dosis Diagnóstica

Se realizó análisis de variables (ANOVA) de la concentración obtenida con el Probit (CL₅₀). Se planteó un DCA con dos tratamientos y 10 repeticiones (Cuadro 2). Se analizaron los resultados de mortalidad y esporulación en el programa Statistical Analysis System[®] (SAS[®]) con un nivel de significancia de 0.05.

Cuadro 2. Detalle de los tratamientos establecidos en la evaluación de dosis diagnóstica de la concentración letal media de BAZAM[®] sobre larvas de *Boophilus microplus*.

Tratamiento	Concentración	
	ppm	Conidias / mL
Dosis diagnóstica	434	8.45×10^7
Testigo	0	0

ENSAYO 2: Evaluación de BAZAM[®] para el control de *Boophilus microplus* en terneros bajo pastoreo en Zamorano

Modelo

Se usó un diseño completamente al azar (DCA) con cuatro tratamientos y cuatro repeticiones por tratamiento. Cada uno de los 16 animales que fueron seleccionados representó una unidad experimental. Cada repetición estaba formada por una unidad experimental. Los tratamientos se detallan en el Cuadro 3.

Variables a medir

Se monitoreó la población inicial de garrapatas presente en cada animal a través de los conteos visuales y posteriormente se contaron semanalmente durante el ciclo.

Análisis estadístico

Se tomó el dato de población final y el porcentaje de control de la población desde el muestreo inicial hasta el final². Se hizo un análisis de variables con un modelo lineal general (GLM) y una separación de medias por el método Student Newman Keul's (SNK) con el programa Statistical Analysis System[®] (SAS[®]) con un nivel de significancia de 0.05.

Cuadro 3. Detalle de los tratamientos establecidos en el ensayo de control de garrapatas (*Boophilus microplus*) en terneros bajo pastoreo en Zamorano, Honduras (2006).

Producto	Frecuencia de aplicación (aplicaciones / semana)
<i>Beauveria bassiana</i> (BAZAM [®])	0.5
	1
	2
Amitraz (Fulminado [®])	0.5 ^Φ

^Φ Frecuencia de aplicación máxima recomendada. Se trabajó con niveles críticos.

² Porcentaje de control = $((P_f - P_i) / P_i) \times 100$. Donde P_f = Población final y P_i = Población inicial.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

ENSAYO 1: Evaluación de susceptibilidad de *Boophilus microplus* al hongo entomopatógeno *Beauveria bassiana*

A) Prueba de susceptibilidad en laboratorio

Mortalidad

Las diferentes concentraciones del hongo causaron una mortalidad alta en las larvas, sin diferencia ($P > 0.05$) entre ellas en ambos muestreos. Los tres tratamientos fueron diferentes ($P < 0.05$) del testigo (Cuadro 4). Estos resultados son similares a los obtenidos por Cardona y Vergara (s.f.), quienes obtuvieron entre 95 y 100 % de mortalidad en larvas, y SENASA (2002) que obtuvo un 100% de mortalidad en diferentes estadios del ácaro.

Infección

No se encontró diferencia ($p > 0.05$) entre los tratamientos de *B. bassiana* en ninguno de los muestreos. La concentración más baja del hongo no fue diferente ($P > 0.05$) del testigo a los 7 días, pero sí ($P < 0.05$) a los 14 días. El resto de tratamientos de *B. bassiana* fueron diferentes ($P < 0.05$) del testigo en ambos muestreos (Cuadro 4).

En pruebas posteriores (estimación de CL_{50}) se obtuvo porcentajes de infección mayores a los obtenidos en éste ensayo; se atribuye esto a una deficiencia de humedad en las cámaras a causa de un error al momento del establecimiento, por lo que el hongo no encontró un ambiente ideal para el desarrollo de su sistema reproductivo.

Cuadro 4. Porcentajes de mortalidad y esporulación a los 7 y 14 días posterior a la inoculación de larvas de *Boophilus microplus* con conidias de *Beauveria bassiana*.

Concentración (conidias/mL)	Mortalidad (%)		Esporulación (%)	
	7 días	14 días	7 días	14 días
Bb- 6.25×10^7	100 a ⁰	100.0 a	20.0 ab	47.5 a
Bb- 1.25×10^8	100 a	100.0 a	37.5 a	50.0 a
Bb- 2.5×10^8	90 a	100.0 a	32.5 a	40.0 a
Testigo- 0	0 b	2.5 b	0.0 b	0.0 b

Bb – *Beauveria bassiana*.

⁰ Datos con diferente letra en las columnas son significativamente diferentes (SNK, $P \leq 0.05$).

B) Estimación de CL₅₀ de BAZAM[®] en garrapatas (*Boophilus microplus*)

Establecimiento de línea base

Se realizó el análisis de los datos obtenidos con el procedimiento Probit (Cuadro 5). La CL₅₀ calculada corresponde a una solución de 434 ppm (Rango: 291.35 a 675.64 ppm) de BAZAM[®] (Figura 1) y la CL₉₀ a una solución de 15594 ppm (Rango: 6394.28 a 69199.5 ppm), esta última carece de aplicabilidad debido a que ningún tratamiento alcanzó o superó ese nivel de infección.

La varianza de la CL₅₀ corresponde a un valor de 8.023×10^{-3} ; mientras que la ecuación de la línea de regresión (Figura 1) fue:

$$y = A + \text{pend} \times x$$

Donde $A = 4.896 \pm 7.245 \times 10^{-2}$, $\text{pend} = 0.824 \pm 0.112$, $x =$ Dosis de producto transformada con logaritmo en base 10 y $y =$ Mortalidad.

Dosis diagnóstica

Al comparar la dosis diagnóstica con el testigo se obtuvieron diferencias ($P < 0.05$) en ambas variables (Cuadro 6).

Cuadro 5. Datos de mortalidad obtenidos a los siete días y la evaluación del programa Probit para el establecimiento de línea base en el cálculo de CL₅₀ de BAZAM[®] sobre garrapatas (*Boophilus microplus*).

Concentración (ppm)	Mortalidad (%)		Mortalidad (N° garrapatas ^ε)		Chi ²
	Obtenida	Corregida ¹⁰	Obtenida	Esperada [§]	
3200	82.5	82.0	33	30.75	0.6998
1744	70.0	69.2	28	27.94	0.0004
950	50.0	48.7	20	24.81	2.4359
518	52.5	51.3	21	21.49	0.0246
282	55.0	53.8	22	18.12	1.5278
154	37.5	35.9	15	14.87	0.0017
84	20.0	17.9	8	11.87	1.8662
46	32.5	30.7	13	9.24	2.1193
25	15.0	12.8	6	7.01	0.1945
0	2.5	0.0	1	1.00	-

^ε Garrapatas muertas de un total de 40.

¹⁰ Corrección por mortalidad natural (Testigo), de acuerdo a la fórmula de Abbott (1925):

$M_{\text{corr}} = ((M_{\text{obt}} - M_{\text{control}}) / (100 - M_{\text{control}})) \times 100$. Donde M_{corr} = Mortalidad corregida, M_{obt} = Mortalidad obtenida y M_{control} = Mortalidad en el testigo.

[§] Mortalidad esperada de acuerdo al trazo de la línea de regresión a partir de la mortalidad corregida.

Cuadro 6. Porcentajes de mortalidad y esporulación en larvas de *Boophilus microplus* 7 días después de la inoculación en la dosis diagnóstica de la CL₅₀ de BAZAM[®] sobre garrapatas.

Tratamiento	Mortalidad (%)	Infección (%)
Dosis diagnóstica (BAZAM [®] , 434 ppm)	82 a*	47 a

Testigo

5 b

0 b

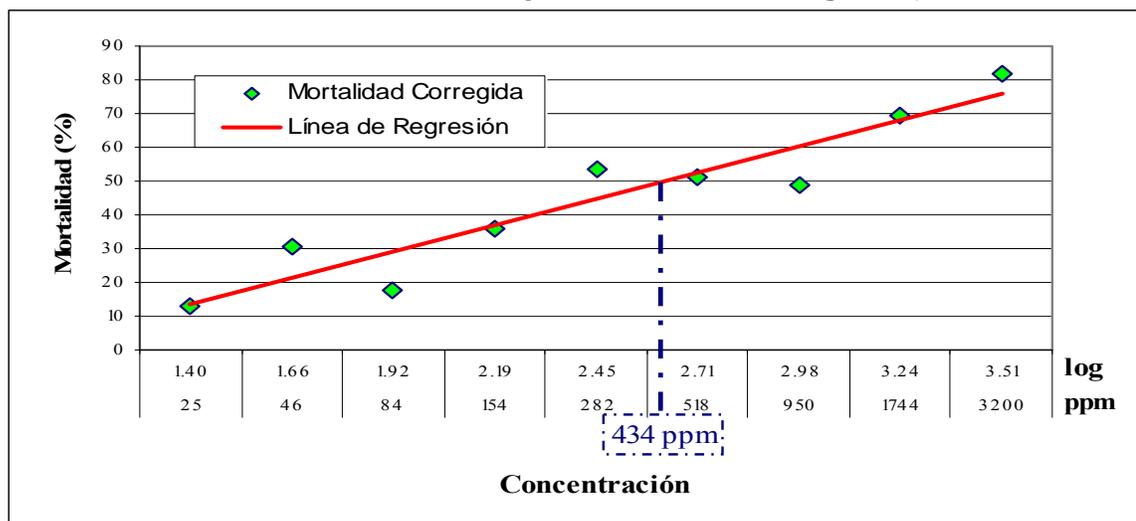
* Datos con diferente letra en las columnas son significativamente diferentes ($p < 0.05$).

Figura 1. Línea de regresión obtenida en la prueba de estimación de CL_{50} de BAZAM[®] sobre garrapatas (*Boophilus. microplus*).

ENSAYO 2: Evaluación de BAZAM[®] para el control de *Boophilus microplus* en terneros bajo pastoreo en Zamorano

Dinámica poblacional

Al final del ciclo de aplicaciones las poblaciones de garrapatas en los cuatro tratamientos no presentaron diferencia significativa ($P > 0.05$). La población final en todos los tratamientos llegó a ser menor que la obtenida por Espinoza (2005) de 21 garrapatas por animal, excepto en la frecuencia de aplicación media (1 vez por semana) de BAZAM[®] donde las poblaciones finales fueron iguales (Cuadro 7).

La elevada población inicial, alta tasa de reinfestación y probablemente una baja resistencia de los animales hacia el parásito, junto con la lenta reacción patogénica del hongo retrasaron la apreciación de un buen control en los tratamientos de frecuencia media (1 vez por semana) y alta (2 veces por semana), pero una vez el hongo empezó a tener efecto, las poblaciones quedaron por debajo del nivel crítico (Figura 2).

A pesar de la relativamente alta población de parásitos en los animales, el testigo químico logró un control casi completo de la población inicial debido a la efectividad inmediata del producto que mantuvo las poblaciones por debajo del nivel crítico determinado, solamente requiriendo una segunda aplicación en la semana 3 debido a que alcanzaron el nivel crítico.

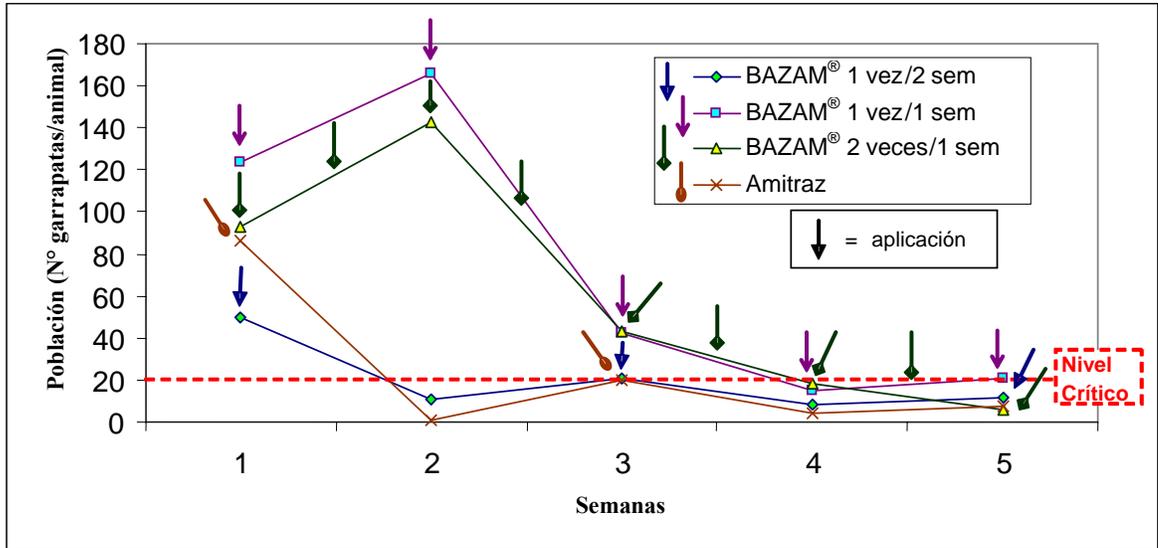


Figura 2. Dinámica poblacional de *Boophilus microplus* en terneros bajo pastoreo observada durante el ciclo de aplicación de BAZAM® y Amitraz desde el 12 de octubre hasta el 17 de noviembre en Zamorano, Honduras (2006).

Con la frecuencia de aplicación baja (1 vez cada 2 semanas) del hongo también se obtuvo una disminución de la población desde el inicio de la prueba atribuida a la relativamente baja población inicial de garrapatas; la población reaccionó a cada una de las aplicaciones realizadas y si bien no se controló en su totalidad, se obtuvo una reducción importante.

En el tratamiento de baja frecuencia (1 vez cada 2 semanas) y especialmente en el testigo químico se nota el aumento en la población ocurrida entre la segunda y la tercera semana, debido a que los animales no recibieron aplicaciones durante ese periodo, permitiendo el crecimiento y desarrollo normal de los parásitos.

Efectividad de control

La efectividad del control fue similar ($P > 0.05$) en todos los tratamientos (Cuadro 7).

Cuadro 7. Efectividad de control de garrapatas en terneros bajo pastoreo con BAZAM® (*Beauveria bassiana*) en tres frecuencias de aplicación y Amitraz. Zamorano, Honduras (2006).

Tratamiento	Población (N° de garrapatas/animal)			Efectividad de Control (%)
	Inicial	Final	Diferencia	
BAZAM® 1 vez / 2 semanas	49.5	12.0 a ⁰	37.5	73 a
BAZAM® 1 vez / semana	124.0	21.0 a	103.0	74 a
BAZAM® 2 veces / semana	93.0	7.5 a	87.5	95 a
Amitraz	86.5	5.5 a	79.0	89 a

⁰ Datos con diferente letra en las columnas son significativamente diferentes (SNK, $P \leq 0.05$).

Análisis de costos

Como es de esperar, el costo de control biológico aumentó a medida que se aumentó la frecuencia de aplicación, debido a la mayor utilización de producto y de mano de obra para las aplicaciones. Aún así, una frecuencia de aplicación baja (1 vez cada 2 semanas) tiene una diferencia mínima en comparación con el control químico (2.27 L por cada cuatro terneros, 12.44% de diferencia) (Cuadro 8).

Cuadro 8. Costos incurridos en el ensayo de control de *Boophilus microplus* con BAZAM[®] y Amitraz en terneros bajo pastoreo en Zamorano, Honduras (2006).

	Amitraz (Fulminado [®])	BAZAM [®] (<i>B. bassiana</i>)	BAZAM [®] (<i>B. bassiana</i>)	BAZAM [®] (<i>B. bassiana</i>)
Frecuencia de aplicación	Nivel crítico	1 vez / 2 sem	1 vez / 1 sem	2 vez / 1 sem
Total de aplicaciones	2	3	5	10
Costo de producto				
Unidades de medida del producto comercial	mL	g	g	g
Dosis en terneros [Ⓜ] (g / animal, mL / animal)	2.00	1.20	1.20	1.20
Costo unitario (L/g, L/mL)	0.67	0.64	0.64	0.64
Producto / animal / ciclo (g, mL)	4.00	3.60	6.00	12.00
Costo de producto / animal / ciclo (L)	2.67	2.29	3.81	7.62
Costo de producto / 4 animales (L)	10.67	9.15	15.24	30.48
Costo de mano de obra				
Tiempo total de aplicaciones [ⓓ] (h)	0.67	1.00	1.67	3.33
Costo de aplicaciones / 4 animales [Ⓟ] (L)	7.58	11.38	18.96	37.92
Costo total / 4 animales (L)	18.25	20.52	34.20	68.40
Diferencia con testigo químico (L)	-	2.27	15.95	50.15
Porcentaje de diferencia (%)	-	12.44	87.40	274.80

H₂O: Agua potable.

Tasa de cambio: 18.895 L.

[Ⓜ] Se aplicaron 2 L de solución por animal, que contenían la cantidad de producto especificada en el cuadro.

[ⓓ] Aplicación de 4 terneros ~ 20 min = 0.33 h.

[Ⓟ] Salario mínimo: 91 L/día. Salario por hora (8 h/día): 11.38 L/h.

CONCLUSIONES

Beauveria bassiana infecta y controla de manera efectiva las poblaciones de garrapatas (*Boophilus microplus*) presentes en el ganado bovino en Zamorano.

En laboratorio se observó una alta capacidad de la cepa Zamorano del hongo *B. bassiana* para infectar larvas de *B. microplus*.

El producto BAZAM[®] (*B. bassiana* cepa Zamorano) tiene una concentración letal media (CL₅₀) de 434 ppm (8.45×10^7 conidias/mL) para control de *B. microplus*.

Se logró llevar y mantener las poblaciones en animales hasta un nivel inferior al nivel crítico en un periodo de 5 semanas en todas las frecuencias de aplicación probadas.

En precio unitario de BAZAM[®] es inferior al del producto químico utilizado, pero el mayor número de aplicaciones implica un gasto mayor de producto y de mano de obra para las aplicaciones. A pesar de eso, con una baja frecuencia de aplicaciones (1 vez cada 2 semanas) la diferencia de costos es mínima en comparación con el tratamiento químico (2.27 L por cada cuatro terneros tratados, 12.44% de diferencia).

RECOMENDACIONES

En posteriores pruebas de laboratorio tener especial cuidado con la humedad presente en las cámaras húmedas para que el hongo se desarrolle bien.

Hacer pruebas de CL₅₀ en garrapatas adultas, evaluando si las diferentes características de la cutícula hacen variar la efectividad del hongo.

Evaluar aplicaciones de la CL₅₀ de BAZAM[®] en campo.

En próximos ensayos de campo procurar una selección de animales más homogénea en población de parásitos y en lo posible una mayor cantidad de unidades experimentales por tratamiento.

LITERATURA CITADA

- Abbott, WS. 1925. A method of computing the effectiveness of an insecticide. *Economic Entomology* 18: 267-269.
- Cardona, E; Vergara, R. s.f. Evaluación de *Metarhizium anisopliae* y *Beauveria bassiana* sobre los estados de desarrollo de *Boophilus microplus* Canestrini, 1887 (Acari: Ixodidae) (diapositivas PDF). Colombia. 93 diapositivas, color.
- Charnley, A. 1984. Physiological aspects of destructive pathogenesis in insects by fungi: A speculative review. In Anderson, JM; Rayner, A; Walton D. eds. *Invertebrate-microbial interactions*. Cambridge, GB. Cambridge university press. p. 229-270.
- Díaz, C; Coromoto A. s.f. Estudio de anaplasmosis en fincas bovinas del estado Monagas (en línea). Venezuela. Disponible en:
<http://www.ceniap.gov.ve/publica/divulga/fd57/anaplas.html>
- Drugeri, L. 2004. Garrapatas del ganado bovino (*Boophilus microplus*, *B. decoloratus* y *B. calcaratus*) (en línea). Buenos Aires, AR. Disponible en:
<http://www.zoetecnocampo.com/Documentos/garrapata.htm>
- Espinoza Silva, L. 2005. Evaluación de cepas de *Beauveria bassiana* y *Metarhizium anisopliae* en control biológico de *Boophilus microplus*. Tesis Ing. Agr. Honduras. Zamorano. 16 p.
- Ferrón, P. 1981. Control by the fungi *Beauveria* and *Metarhizium*. In Burges, HD. ed. *Microbial control of pests and plant diseases*. New York, US. Academic press. p. 465-482.
- Finney, D. 1971. *Probit analysis*. Cambridge, GB. Cambridge University Press. 333 p.
- Gallardo, J; Morales, J. 1999. Incidencia de *Boophilus microplus* y *Amblyomma cajennense* y dinámica poblacional de *B. microplus* (Acari: Ixodidae) en el municipio Morán, estado de Lara. Venezuela. *Bioagro* 11(2): 51-60.
- Gillespie, A. 1988. *Use of fungi to control pest of agricultural importance*. Manchester, EG. Manchester University Press. 269 p.
- Laboratorio de Control Biológico Zamorano, HN. 2006. Aspectos técnicos de hongos del Laboratorio de Control Biológico. Honduras. 8p.

- Rijo, E. s.f. Control de garrapata del ganado, *Boophilus microplus* (Canestrini) con hongos entomopatógenos (en línea). Habana, CU. Disponible en:
<http://www.aguascalientes.gob.mx/codagea/produce/GARRAPAT.htm>
- Rodríguez, M; Penichet, M; Mouris, A; Labarta, V; Luaces, L; Rubiera, R; Cordovés, C; Sánchez, P; Ramos, E; Soto, A; Canales, M; Palenzuela, D; Triguero, A; Leonart, R; Herrera, L; Fuente, J de la. 1995. Control of *Boophilus microplus* populations in grazing cattle vaccinated with a recombinant Bm86 antigen preparation. s.l. *Veterinary Parasitology* 57: 339-449.
- Ruedisueli, F; Manship, B. s.f. Tick Identification Key (en línea). University of Lincoln, Inglaterra. Disponible en:
<http://webpages.lincoln.ac.uk/fruedisueli/FR-webpages/parasitology/Ticks/TIK/tick-key/index.htm>
- Servicio Nacional de Seguridad Agraria (SENASA), PE. 2002. Efecto de tres cepas de hongos entomopatógenos para el control de *Boophilus microplus* en bovinos (en línea). Perú. Disponible en:
http://www.lamolina.edu.pe/convencionentomologia/enotmologia_medica.htm
- Tanada, Y; Kaya, H. 1993. *Insect Pathology*. San Diego, California, US. Academic Press. 666 p.
- Valdéz, M; Méndez, L; Quintana Y; Montero C; Machado H; Leonart R; Borroto C. 2005. Evaluación de la eficacia en ensayos controlados del inmunógeno Gavac Plus contra dos cepas argentinas de la garrapata *Boophilus microplus*. Habana, CU. Congreso Biotecnología. s.p.
- Willadsen, P; Kemp, D. 1988. Vaccination with “Concealed” antigens for tick control. s.l. *Parasitology Today* 4: 196-198.

ANEXOS

Anexo 1. Cronograma de aplicaciones en campo.

Producto	Frecuencia	Semana 1		Semana 2		Semana 3		Semana 4		Semana 5	
		M. □	J	M	J	M	J	M	J	M	J
<i>Beauveria bassiana</i> (BAZAM®)	2 veces / semana										
	1 vez / semana										
	1 vez / 2 semanas										
Amitraz	Nivel crítico										

□ Martes y Jueves, respectivamente

Anexo 2. Información sobre el insecticida, acaricida Amitraz.

Producto comercial utilizado: Fulminado®.

Ingrediente activo: Amitraz 20.8% (N-metil-bis (2,4-xililiminometil)-amina. C₁₉H₂₃N₃).

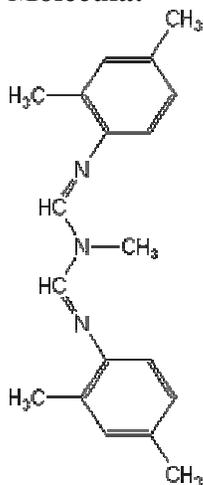
Dosis: 1 mL por litro de agua. 4 L de producto preparado por animal adulto.

Familia del compuesto: Formamidinas.

Categoría toxicológica: III (Moderadamente tóxico).

Modo de acción: El modo de acción que se ha propuesto es la inhibición de la enzima monoamina oxidasa, la cual es responsable de la degradación de los neurotransmisores norepinefrina y serotonina. Esto resulta en la acumulación de esos compuestos, los cuales son conocidos como *aminas biogénicas*. Los insectos afectados se quedan quietos y mueren (Ware y Whitacre 2004³).

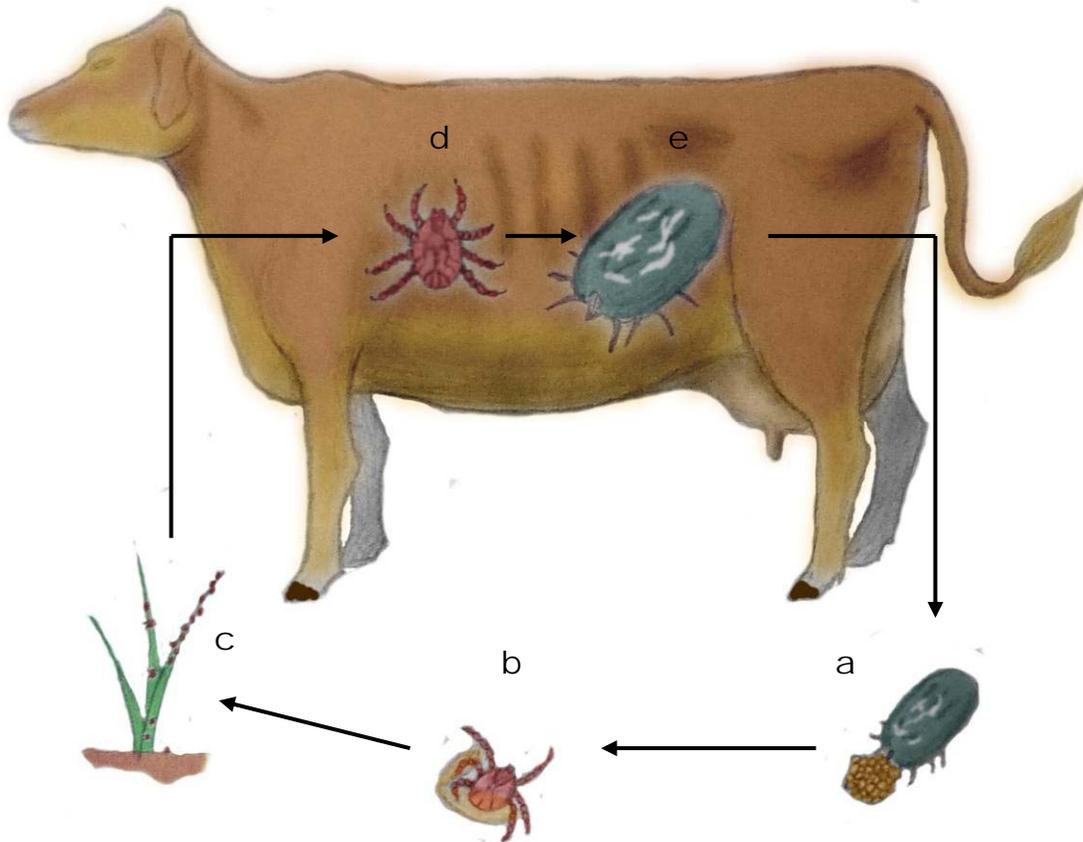
Molécula:



³ Ware G; Whitacre D. 2004. An Introduction to pesticides (en línea). 4 ed. In The pesticide book. 6 ed. Ohio, US. MeisterPro Information Resources. Disponible en:

<http://ipmworld.umn.edu/cancelado/Spchapters/W&WinsectSP.htm>

Anexo 3. Ciclo de vida de la garrapata de un huésped *Boophilus microplus*.



a) Oviposición, La garrapata adulta, una vez completado su ciclo parasitario se deja caer al suelo, en donde entra en un periodo de pre-postura. Al cabo de 3-5 días empieza el ciclo de oviposición que durará entre 14 y 23 días, tiempo en el cual la garrapata es capaz de poner entre 2000 y 3000 huevos. **b) Eclosión**. Al cabo de 28 a 34 días las larvas emergen de los huevecillos. **c) Geotropismo negativo**. Las larvas requieren como mínimo 6 días para desarrollar geotropismo negativo y ascender a las partes altas de pastos y otras plantas, donde esperarán el paso de su huésped. **d) Ninfa**. Las larvas se alimentan durante un periodo de 6 a 8 días y se transforman en ninfas. **e) Adulto**. Al cabo de 7 a 9 días de alimentarse, las ninfas se transforman en adultos. Las hembras se ingurgitarán de sangre en un periodo de 7 a 10 días y luego se dejarán caer al suelo para iniciar el ciclo nuevamente.

Duración de etapas de desarrollo tomadas de Gallardo y Morales (1999)⁴.

⁴ Gallardo, J; Morales, J. 1999a. *Boophilus microplus* (Acari: Ixodidae): Preoviposición, oviposición, incubación de los huevos y geotropismo. Venezuela. Bioagro 11(3): 77-87.