

## Control biológico de *Rhicephalus (Boophilus) microplus* con hongos entomopatógenos

*Biological Control of Rhicephalus (Boophilus) microplus with  
Entomopathogenic Fungi*

*Controle biológico de Rhicephalus (Boophilus) microplus com fungos  
entomopatogênicos*

**Arely Bautista Gálvez**

Escuela Maya de Estudios Agropecuarios de Universidad Autónoma de Chiapas, México

[arelygalvez@hotmail.com](mailto:arelygalvez@hotmail.com)

**Rafael Pimentel Segura**

Escuela Maya de Estudios Agropecuarios de Universidad Autónoma de Chiapas, México

[rafaelpimentel\\_20\\_10@hotmail.com](mailto:rafaelpimentel_20_10@hotmail.com)

**Armando Gómez-Vázquez**

División Académica de Ciencias Agropecuarias, Universidad Juárez Autónoma de Tabasco,  
México

[armandoujat@outlook.com](mailto:armandoujat@outlook.com)

### Resumen

En México el problema principal de la ganadería bovina, en lo particular en el trópico, es controlar las garrapatas *Rhicephalus (Boophilus) microplus*, ya que el uso inadecuado de los tratamientos químicos ha creado resistencia en esos parásitos. El control biológico en garrapatas es un concepto nuevo y ha sido una medida efectiva, que ha permitido mantener estas dentro de parámetros económicos y zoonosanitarios aceptables. Una de las posibilidades reales en este campo para controlar garrapatas *Rhicephalus (Boophilus) microplus* de importancia pecuaria es el uso de hongos entomopatógenos como el *Metharrizium anisopliae* y *Beauveria bassiana*. La finalidad del presente estudio fue observar la capacidad patógena de dos cepas de *Metarhizium anisopliae* a dosis de  $1 \times 10^8$  conidias/ml y  $1.3 \times 10^{12}$  conidias/ml, y de una cepa de *Beauveria bassiana* a una dosis de  $1.3 \times 10^{12}$  conidias/ml en unidades de producción en bovinos de doble propósito, en los municipios de Emiliano Zapata

Tabasco y la Cuenca Lechera de Catazajá, Chiapas, México; directamente en campo. Se presentó una respuesta binomial negativa de mayor porcentaje de patogenicidad en las dosis de  $1.3 \times 10^{12}$  conidias/ml de *Beauveria bassiana* con 76.66% a los 37.3 días de haber sido inoculada la garrapata, en contraste con las dos cepas de *Metarhizium anisopliae*, que mostraron una patogenicidad de 47.71% a los 10 días con la dosis  $1 \times 10^8$  conidias/ml y de 37.75% a los 44.5 días con la dosis  $1.3 \times 10^{12}$  conidias/ml. Se presentó interacción entre tratamiento y tiempo. Por tanto, se concluye que el uso de los hongos entomopatógenos son una alternativa para el control de garrapatas adultas en el sureste de México.

**Palabras clave:** *Metarhizium anisopliae*, *Beauveria bassiana*, garrapata, bovino.

### Abstract

In Mexico, the main problem of bovine cattle breeding, particularly in the tropics, is to control the ticks *Rhicephalus (Boophilus) microplus*, since inappropriate use of chemical treatments has created resistance in these parasites. Biological control in ticks is a new concept and has been an effective measure, which has allowed to keep these within acceptable economic and animal sanitary parameters. One of the real possibilities in this field to control ticks *Rhicephalus (Boophilus) microplus* of animal importance is the use of entomopathogenic fungi such as *Metarhizium anisopliae* and *Beauveria bassiana*. The aim of the present study was to observe the pathogenic capacity of two strains of *Metarhizium anisopliae* at doses of  $1 \times 10^8$  conidia/ml and  $1.3 \times 10^{12}$  conidia/ml and of a strain of *Beauveria bassiana* at a dose of  $1.3 \times 10^{12}$  conidia/ml in production units In dual purpose cattle, in the municipalities of Emiliano Zapata Tabasco and the Cuenca Lechera de Catazajá, Chiapas, Mexico; Directly in the field. A negative binomial response with a higher percentage of pathogenicity was observed at the doses of  $1.3 \times 10^{12}$  conidia/ml of *Beauveria bassiana* with 76.66% at 37.3 days after the tick was inoculated, in contrast to the two strains of *Metarhizium anisopliae*, which showed a Patogenicity of 47.71% at 10 days with the dose  $1 \times 10^8$  conidia/ml and 37.75% at 44.5 days with the dose  $1.3 \times 10^{12}$  conidia/ml. Interaction between treatment and time was presented. Therefore, it is concluded that the use of

entomopathogenic fungi are an alternative for the control of adult ticks in southeastern Mexico.

**Key words:** *Metarhizium anisopliae*, *Beauveria bassiana*, tick, bovine.

## Resumo

No México o principal problema de gado, em especial, nos trópicos, é controlar *Rhicephalus* (*Boophilus*) *microplus* carrapatos, como o uso indevido de tratamentos químicos criou resistência em estes parasitas. O controle biológico nos carrapatos é um conceito novo e tem sido uma medida efetiva, que permitiu mantê-los dentro de parâmetros econômicos e de saúde animal aceitáveis. Uma das possibilidades reais neste campo para *Rhicephalus* *microplus* importância gado é o uso de fungos entomopatogênicos tais como *Beauveria bassiana* e *Metarhizium anisopliae*. O objetivo deste estudo foi observar a patogenicidade de duas doses *Metarhizium anisopliae* de  $1 \times 10^8$  / ml e  $1.3 \times 10^{12}$  conídios / ml, e uma estirpe de *Beauveria bassiana* a uma dose de  $1.3 \times 10^{12}$  conídios / ml em unidades de produção gado de duplo propósito, nos municípios de Emiliano Zapata Tabasco e Catazajá Cuenca Lechera, Chiapas, México; diretamente no campo. Mostrou uma resposta binomial negativo maior percentagem de patogenicidade em doses  $1.3 \times 10^{12}$  conídios / ml de *Beauveria bassiana* com 76.66% para 37,3 dias de carrapato inoculado, em contraste com as duas estirpes de *Metarhizium anisopliae*, que eles mostraram patogenicidade 47,71% em 10 dias com a dose de  $1 \times 10^8$  conídios / ml e 37,75% para 44,5 dias com uma dose  $1.3 \times 10^{12}$  conídios / ml. Interação entre tratamento e tempo foi apresentada. Portanto, conclui-se que o uso de fungos entomopatogênicos é uma alternativa para o controle de carrapatos adultos no sudeste do México.

**Palavras-chave:** *Metarhizium anisopliae*, *Beauveria bassiana*, carrapato, bovino.

**Fecha recepción:** Enero 2017

**Fecha aceptación:** Mayo 2017

## Introducción

Las garrapatas afectan notablemente la ganadería extensiva e inclusive ponen en riesgo la salud del ser humano de manera directa o por inoculación de organismos patógenos (Álvarez, 2007). Existen patologías que las garrapatas pueden transmitir al hombre aun cuando no sea su hospedador habitual. El Boletín de alertas epidemiológicas internacionales menciona algunas: Enfermedad de Lyme, Fiebre Recurrente, Fiebres por rickettsias, Ehrlichiosis Anaplasmosis, Tularemia Babesiosis, Encefalitis por virus, Fiebre de Colorado, entre otras (Quiroz, 2007). En las zonas tropicales hay varios tipos de garrapatas; en México se han identificado 77 especies de garrapatas que afectan al ganado bovino y al hombre (Rodríguez-Vivas *et al.*, 2006); la distribución geográfica de las especies de garrapatas en México depende de factores ambientales, por ejemplo, la humedad relativa, la temperatura y la vegetación. Otros factores son la altitud, la presencia y abundancia de hospederos y las prácticas de control o erradicación que el hombre ejerce sobre las poblaciones de garrapatas (Rodríguez-Vivas *et al.*, 2006; Estrada- Peña *et al.*, 2006).

En la ganadería bovina nacional se identifican las siguientes especies de garrapatas: *Boophilus microplus*, *B. anulatus*, *Amblyomma cajennense*, *A. imitator*, *A. maculatum*, *A. triste*, *A. americanum* y *Anocentor nitens*; sin embargo, las especies de mayor importancia para el ganado bovino en México son *B. microplus* y *A. cajennense* (Rodríguez-Vivas *et al.*, 2006). El área de distribución de la *Rhipicephalus (Boophilus) microplus* abarca zonas tropicales, templadas y áridas; en conjunto se considera que cubre 1 043 772 km<sup>2</sup>, lo que representa 53.0% del territorio nacional. La dinámica poblacional de *Rhipicephalus (Boophilus) microplus* en los estados de Chiapas y Tabasco se presenta durante todo el año, pero en invierno se estima que puede vivir hasta 51 días a pesar de las condiciones climáticas (Cortes *et al.*, 2010). La garrapata *Rhipicephalus (Boophilus) microplus* es el ectoparásito que produce mayores pérdidas económicas en el trópico y subtrópico mexicano, debido a los altos costos asociados a su control y a las enfermedades que transmite (Rodríguez-Vivas *et al.*, 2005).

Los medios para el control de la garrapata son diversos ixodicidas, como los arsenicales, organoclorados, organofosforados, carbamatos, formamidas, piretroides sintéticos (flumetrina), lactonas acrocíclicas (eprinomectina), fenilpirazoles (fipronil), así como algunos reguladores del crecimiento como los análogos de la hormona juvenil (metopreno y fenoxicarb) y los inhibidores de la síntesis de quitina, como el fluazurón, diflubenzurón, lufenurón y la ciromazina (Cordero *et al.*, 1999; Cuore *et al.*, 2008 y Rodríguez *et al.*, 2010). Los ixodicidas han sido utilizados con buenos resultados en el control de las garrapatas, sin embargo, su uso continuo e irracional ha generado cepas resistentes, como sucede en la región de la Cuenca Lechera de Catazajá (CLC), Chiapas y Tabasco, que desde el año 2001 se identificó la resistencia a los amidinas (AM) en el municipio de Emiliano Zapata, Tabasco y en los estados de Chiapas, Yucatán y Quintana Roo, ya que el 88% de los hatos ganaderos son resistentes a los piretroides (PS) y organofosforados (OF) (Fuentes, 2011; Araque, A *et al.*, 2014), por lo que los productores han venido incrementando el número de aplicaciones de productos químicos (SENASICA) en periodos que van desde los 8 a 21 días, por lo que los altos costos de producción se incrementan (Monroy *et al.*, 2016), la demanda de alimentos libres de residuos químicos y el cuidado al ambiente han propiciado la necesidad de buscar alternativas no químicas para el control de garrapatas, basado en el uso de hongos entomopatógenos que han demostrado ser eficaces para el control de varios géneros de estos parásitos, entre los que se encuentran *Amblyomma* y *Rhipicephalus*. Las especies de hongos entomopatógenos que han demostrado eficacia contra las garrapatas son *Beauveria bassiana*, *Metarhizium anisopliae*, *Isaria farinosa* (= *Paecilomyces farinosus*) y *Lecanicillium lecanii* (= *Verticillium lecanii*), siendo *B. bassiana* y *M. anisopliae* las especies más estudiadas y de mayor eficacia (Fernandes y Bittencourt, 2008; Arguedas *et al.*, 2008; López *et al.*, 2009; Fernández *et al.*, 2005, 2010, 2012; Ojeda-Chi *et al.*, 2011; Motta *et al.*, 2011; Bautista *et al.*, 2012; Éverton K.K *et al.*, 2012; Rodríguez *et al.*, 2014; Díaz *et al.*, 2014; Rodríguez-Vivas *et al.*, 2014; Moncada *et al.*, 2015; Pulido *et al.*, 2015; Valverde *et al.*, 2015; Tinajero *et al.*, 2016;). Por anterior, el objetivo del presente estudio fue evaluar la capacidad patógena de los hongos entomopatógenos de *M. anisopliae* y *B. bassiana* en garrapatas *Rhipicephalus (Boophilus) microplus* en estado adulto, en hatos de bovinos de doble propósito en las regiones de los Ríos de Tabasco y la Cuenca Lechera de Catazajá, Chiapas, México,

partiendo que los hongos entomopatógenos reducen de manera paulatina la infestación de la garrapata *Rhicephalus (Boophilus) microplus* en el trópico y de esa manera reducir el uso de agroquímicos que utilizan los productores para su control.

## **Materiales y métodos**

### **Caracterización de las Unidades de Producción de Bovinos de Doble Propósito**

Para la selección de las unidades experimentales, se tomó previamente una muestra constituida por 62 ganaderos activos cooperantes de las comunidades de Agua Fría, Punta Arena, Chiapas y Emiliano Zapata, en Tabasco. Ello permitió captar la variabilidad de condiciones y las características de los sistemas de producción de leche bovina. Para clasificar y analizar los sistemas de producción bovina se obtuvo información a través de la técnica de entrevista informal semi-estructurada (Gillham, 2005), y además se hicieron observaciones directas en campo. Se aplicó un cuestionario que generó una serie de indicadores que fueron agrupados de la siguiente manera: Tamaño del hato (UA), Tasa de natalidad (%), Tasa de mortalidad en crías (%), Tasa de mortalidad en adultos (%), Becerros destetados (%), Carga animal (UA/ha), Grado de control de enfermedades (%), Nivel de uso de equipo manual (%), Nivel de uso de equipo mecanizado (%), Característica de la infraestructura (%), Número de vacas por semental (n), Característica de alojamientos e instalaciones de la unidad de producción (%), Medios de trabajo (%). Los valores promedio de los indicadores y las variables se examinaron estadísticamente en el programa Statistical Package for Social System (SPSS 2012), versión 22.0.

### Ensayos en campo

El ensayo se realizó en cuatro unidades de producción en bovinos de doble propósito, provenientes de la Cuenca Lechera de Catazajá, localizada al norte del estado de Chiapas, México; en los paralelos 17° 12' y 17° 57' latitud norte, los meridianos 91° 46' y 92° 12' latitud oeste; altitud entre 0 y 10 msnm, colindante al norte, al este y al oeste con el estado de Tabasco y el municipio de Palenque, y al sur con el municipio de Palenque (INEGI, 2010), y una unidad de producción en bovinos de doble propósito en el municipio de Emiliano Zapata, Tabasco.

Se seleccionaron cinco bovinos al azar, adultos con peso promedio de 450 kg vivo, en condiciones al libre pastoreo con rotación de potreros, alimentados con Grama natural (*Paspalum notatum*). Es importante mencionar que cuatro semanas antes del estudio se les aplicó Amitraz<sup>MR</sup> mediante aspersión en dosis de 2 ml L<sup>-1</sup> de agua. Para llevar a cabo las aplicaciones en las pruebas de campo, previamente se seleccionaron dos cepas del hongo *M. anisopliae* y una cepa de *B. bassiana*. Los resultados en laboratorio demostraron una mayor patogenicidad en garrapatas en estado adulto.

Enseguida, se hizo el conteo de garrapatas adultas en los bovinos previo a la aplicación. Se tomaron como criterio las garrapatas de más de 4 mm de longitud, presentes en 20 cm<sup>2</sup> de piel en seis áreas predeterminadas (tabla de cuellos por ambos lados, las dos ingles o entrepiernas y ambas axilas de los miembros anteriores), para lo cual se utilizó un acarómetro (Bazán, 2002; Neira *et al.*, 2008; Balladares *et al.*, 2014), que consistió en una hoja de acetato con una ranura rectangular de 2 cm de ancho por 10 cm de longitud (20 cm<sup>2</sup>).

Los tratamientos consistieron de dos cepas de *Metarhizium anisopliae* evaluando una cepa nativa MM01 a una concentración de 1X10<sup>8</sup> conidias/ml, proporcionada por el Laboratorio de Biotecnología de la Escuela Maya de Estudios Agropecuarios de la Universidad Autónoma de Chiapas, una cepa comercial a una concentración de 1.3X10<sup>12</sup> conidias/ml y una cepa de *Beauveria bassiana* a la concentración de 1.3x10<sup>12</sup> conidias/ml, proporcionadas por el laboratorio Tiemelónlá Nich Klum de Palenque, Chiapas; a dichas cepas evaluadas al momento de aplicar a los bovinos se les agregó un adherente que consistió en Tween<sup>MR</sup> 20

al 0.03%, también se evaluaron un tratamiento químico (Amitraz<sup>MR</sup>) a la dosis comercial recomendada por el laboratorio de 2 ml L-1 de agua y otro tratamiento que sirvió como control utilizando solamente agua de 2.5 litros por animal, la misma cantidad que en los grupos anteriores.

Antes de iniciar con la aplicación se registró el conteo de las garrapatas pletóricas vivas y posteriormente se procedió con la aplicación de los tratamientos. Cada grupo de bovinos recibió tres tratamientos espaciados con 15 días, la aplicación se hizo mediante baños de aspersión con bomba de mochila manual de 20 litros, durante el periodo de octubre de 2013 a noviembre de 2016, únicamente durante la época de lluvias debido a la humedad relativa que requiere el hongo para ejercer su función fungicida sobre las garrapatas pletóricas (Bautista *et al.*, 2016).

Después de cada aplicación se monitoreó el recuento de garrapatas, después se trasladaron al laboratorio con el apoyo de una cámara húmeda, formada por cajas Petri de plástico desechable estéril de 100x15 mm, con papel filtro estéril humedecido con agua destilada estéril en el fondo de la caja para conservar la humedad de 80% a 85%. Se sellaron con parafilm previamente esterilizado y fueron etiquetadas con el número de tratamiento y el número de identificación del bovino (Bautista *et al.*, 2016, Pirali-Kheirabadi *et al.*, 2016). En laboratorio se determinó el grado de patogenicidad del hongo en garrapatas adultas vivas.

#### Variables

- Patogenicidad del hongo en las garrapatas. Esta variable se determinó en el Laboratorio de Biotecnología de la Escuela Maya de Estudios Agropecuarios de la Universidad Autónoma de Chiapas.
- Número de garrapatas adultas vivas en 20 cm<sup>2</sup> de piel. Esta variable se determinó en las Unidades de Producción de Bovinos de Doble Propósito.

## Diseño experimental y análisis de datos

Se utilizó el diseño de bloques completamente al azar, con cinco tratamientos y cinco repeticiones; cada tratamiento fue evaluado en una Unidad de Producción de Bovinos de Doble Propósito por separado, con el siguiente modelo:

$$Y_{ij} = \mu + \emptyset_i + \emptyset_i(\beta_j) + \tau_k + \emptyset_{\tau_{ijk}} + \Sigma_{ijk}$$

Donde:

$Y_{ij}$  = variables respuesta.

$\mu$  = efecto de la media poblacional.

$\emptyset_i$  = efecto del periodo de incubación del hongo sobre la garrapata en su fase parásita.

$\emptyset_i(\beta_j)$  = efecto anidado de los periodos de incubación dentro de las repeticiones.

$\tau_k$  = efecto de las cepas evaluadas.

$\emptyset_{\tau_{ijk}}$  = efecto de la interacción entre el periodo de incubación y las cepas.

$\Sigma_{ijk}$  = error experimental asociado a las unidades experimentales.

## Resultados

### Caracterización de las Unidades de Producción de Bovinos de Doble Propósito

Las unidades de producción en bovinos de doble propósito se caracterizaron por tener productores en una edad de 52 años y un grado escolar de 6.53 años; su sistema de producción de ganado bovino tiene un doble propósito: la producción de leche para el consumo familiar y la comercialización local y regional; 40% destina su producción a la comercialización a nivel local, abasteciendo a pequeños transformadores, quienes agregan valor mediante la transformación a queso, distribución que puede llegar a ser regional; el restante 60% de los productores comercializa directamente a la empresa transnacional Nestlé, cuenta con un promedio de 16.95 hectáreas por productor e implementan su sistema de producción por medio de pastoreo extensivo con rotación de potreros, por lo que dependen en gran medida

del forraje que haya para alimentar a su hato. La mayoría de las hectáreas se destina a la ganadería y la agricultura, y muy pocas a acahual. La primera es la que mayor superficie ocupa: 16.95 ha, la segunda ocupa 1.26 ha y la tercera 0.03 ha. La leñosa forrajera que más predominó es el Guasimo (*Guazuma ulmifolia*) con 6.45%, la gramínea que más predominó es la Grama natural (*Paspalum notatum*) con 35.8%, aunque también cuentan con otras especies, por ejemplo, la estrella de áfrica (*Cynodon nlemfuensis*), la insurgente (*Brachiaria brizantha*) y el pasto señal (*Brachiaria decumbens*); el tamaño de la explotación ganadera es de 43.4 en términos de unidad animal (UA), la raza bovina predominante es la crucea Cebú/Suizo con 64.05%, y la carga animal expresada en unidad animal por hectárea se considera elevada con 2.99 UA/ha. Aunado a ello, 61.3% de los productores identifica a sus praderas como medianamente empastadas y 17.4% menciona que se encuentran en condiciones de sobrepastoreo; el excesivo número de unidades animales por hectárea ha generado como consecuencia la renta de pastizales, actividad que realiza 32% de los productores, con un estimado de 3.54 ha cada uno. Otra actividad importante es el manejo del hato ganadero, específicamente con respecto al grado de control de enfermedades 40.3% de los productores depende de insumos externos en 68.5%, lo cual indica que están adquiriendo insumos necesarios para realizar sus actividades básicas de producción; la mortalidad en crías no fue elevada, ya que obtuvieron en este indicador 10.1% tomando en cuenta las condiciones de la región. Con respecto al área reproductiva hubo un elevado número de vacas por semental con 25.1 hembras; la época de partos más propicia es durante los meses de abril-mayo y los becerros se destetan a los seis meses de edad con un peso aproximado de 120kg destinados a la engorda y los sementales se reemplazan a los cuatro y cinco años. En cuanto al alojamiento y las instalaciones, 53.5% cuenta con las instalaciones básicas: corrales, bodegas, comederos, bebederos, etcétera. Solo 49.9% de los productores cuenta con los servicios básicos tales como caminos, energía eléctrica y agua entubada. La falta de instalaciones e infraestructura adecuadas da como resultado que se utilice muy poco equipo mecanizado con 5.72%, en contraste con el nivel de uso de equipo manual con 86%.

### Ensayos en campo

A continuación, se presentan los resultados de la evaluación de los hongos entomopatógenos de *Metarhizium anisopliae* y *Beauveria bassiana*, para el control de la garrapata *Rhicephalus (Boophilus) microplus* en estado adulto, en unidades de producción en bovinos de doble propósito, municipios de Emiliano Zapata, Tabasco y la Cuenca Lechera de Catazajá, Chiapas.

**Tabla 1.** Evaluación de los hongos entomopatógenos *Metarhizium anisopliae* y *Beauveria bassiana*, para el control de la garrapata *Rhicephalus (Boophilus) microplus* en estado adulto, en Unidades de Producción Pecuaria, en Emiliano Zapata, Tabasco y la Cuenca Lechera de Catazajá, Chiapas, México.

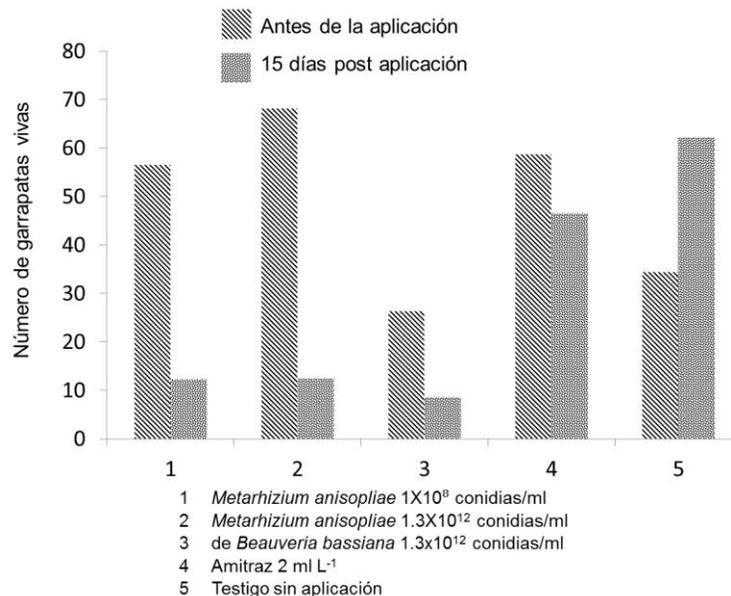
Tratamiento	Localidad	Ubicación de los hatos (GPS)	No. de garrapatas antes de la aplicación	No. de garrapatas después de la aplicación	% de mortalidad	% de patogenicidad
<i>Metarhizium anisopliae</i> 1X10 <sup>8</sup> conidias/ml	Emiliano Zapata, Tabasco	17°45'00.2" N y 91°45'21.5" W	5.6	1.2	78.45	47.71
<i>Metarhizium anisopliae</i> 1.3X10 <sup>12</sup> conidias/ml	Punta Arena, Catazajá, Chiapas	17°45'04.20' N y 92°03'35.54" W	68.2	12.4	81.82	37.75
de <i>Beauveria bassiana</i> 1.3x10 <sup>12</sup> conidias/ml	Punta Arena, Catazajá, Chiapas	17°74'69.44" N y 92°05'58.33" W	26.4	8.6	67.42	76.66
Amitraz 2 ml L-1 de agua	Punta Arena, Catazajá, Chiapas	17°45'20.2" N y 92°03'56.1" W	5.8	4.6	20.45	n.a
Testigo sin aplicación	Agua Fría Catazajá, Chiapas	17°44'12.1" N y 92°05'00.9" W	3.4	6.2	n.a	n.a

Cuadro 1. n.a, no aplica  
Fuente: elaboración propia.

Como se puede observar en el Tabla 1, los diferentes tratamientos evaluados en este estudio tuvieron un efecto de hasta 76.6% de patogenicidad en garrapatas en estado adulto con la cepa *Beauveria bassiana*  $1.3 \times 10^{12}$  conidias/ml y un rango de 37.75% de patogenicidad en garrapatas con la cepa de *Metarhizium anisopliae*  $1.3 \times 10^{12}$  conidias/ml.

Por otra parte, la Figura 1 muestra el comportamiento de cada uno de los tratamientos efectuados y el número promedio de garrapatas por animal antes y después de la aplicación.

**Figura 1.** Evaluación de los hongos entomopatógenos de *Metarhizium anisopliae* y *Beauveria bassiana*, para el control de la garrapata *Ricephalus (Boophilus) microplus* en estado adulto, comparando el número de garrapatas vivas antes de la aplicación del tratamiento frente al número de garrapatas vivas a 15 días post aplicación.



Fuente: elaboración propia.

En la Figura 1 se puede observar que el número de garrapatas vivas antes de la aplicación del tratamiento frente al número de garrapatas vivas a 15 días de la aplicación, con la dosis de la cepa nativa MM01 de *Metarhizium anisopliae*  $1 \times 10^8$  conidias/ml, suma un promedio de 56.6 garrapatas vivas por animal antes de la aplicación, y de 12.2 garrapatas en promedio por animal a 15 días de la aplicación; en la cepa comercial de *Metarhizium anisopliae*  $1.3 \times 10^{12}$

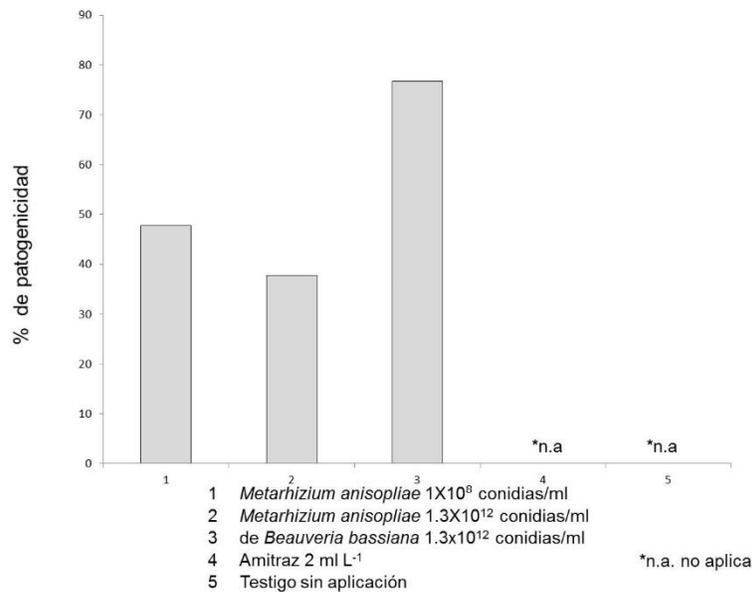
conidias/ml se encontró un promedio de 68.2 garrapatas vivas por animal antes de la aplicación y de 12.4 garrapatas vivas en promedio por animal a 15 días de la aplicación; en la cepa comercial de *Beauveria bassiana*  $1.3 \times 10^{12}$  conidias/ml se encontró un promedio de 26.4 garrapatas vivas por animal antes de la aplicación y de 8.6 garrapatas en promedio por animal a 15 días de la aplicación; en el tratamiento con Amitraz<sup>MR</sup> a la dosis de 2 ml L<sup>-1</sup> se encontró un promedio de 58.8 garrapatas por animal antes de la aplicación y de 46.6 garrapatas en promedio por animal a 15 días de la aplicación; en el tratamiento testigo sin aplicación se encontró un promedio de 34.4 garrapatas por animal antes de la aplicación de solamente agua y de 62.2 garrapatas en promedio por animal a 15 días de la aplicación de agua, a cantidades iguales que en los tratamientos anteriores.

Los porcentajes más altos de mortalidad en garrapatas por animal se presenta en la cepa comercial de *Metarhizium anisopliae*  $1.3 \times 10^{12}$  conidias/ml, después en la cepa nativa de MM01 *Metarhizium anisopliae*  $1 \times 10^8$  conidias/ml y, por último, en la cepa comercial de *Beauveria bassiana*  $1.3 \times 10^{12}$ . En el tratamiento con Amitraz<sup>MR</sup> a la dosis de 2 ml L<sup>-1</sup>, se observa que con el tratamiento de la cepa nativa de *Metarhizium anisopliae*  $1 \times 10^8$  conidias/ml disminuyó el número de garrapatas promedio por animal de 44.4 (78.45%) de mortalidad, el tratamiento con la cepa comercial de *Metarhizium anisopliae*  $1.3 \times 10^{12}$  conidias/ml disminuyó el número de garrapatas promedio por animal de 55.8 (81.82%) de mortalidad; el tratamiento con la cepa comercial de *Beauveria bassiana*  $1.3 \times 10^{12}$  conidias/ml disminuyó el número de garrapatas promedio por animal de 17.8 (67.42%) y el número de garrapatas promedio por animal de 12.2 (20.75%) de mortalidad, mientras que el tratamiento testigo sin aplicación incrementó el número de garrapatas promedio por animal de 27.8 (80.81%).

### Patogenicidad

El efecto de patogenicidad de la cepa comercial de *Beauveria bassiana* fue mayor en comparación con los hongos entomopatógenos de las cepas nativas MM01 y comercial de *Metarhizium anisopliae*.

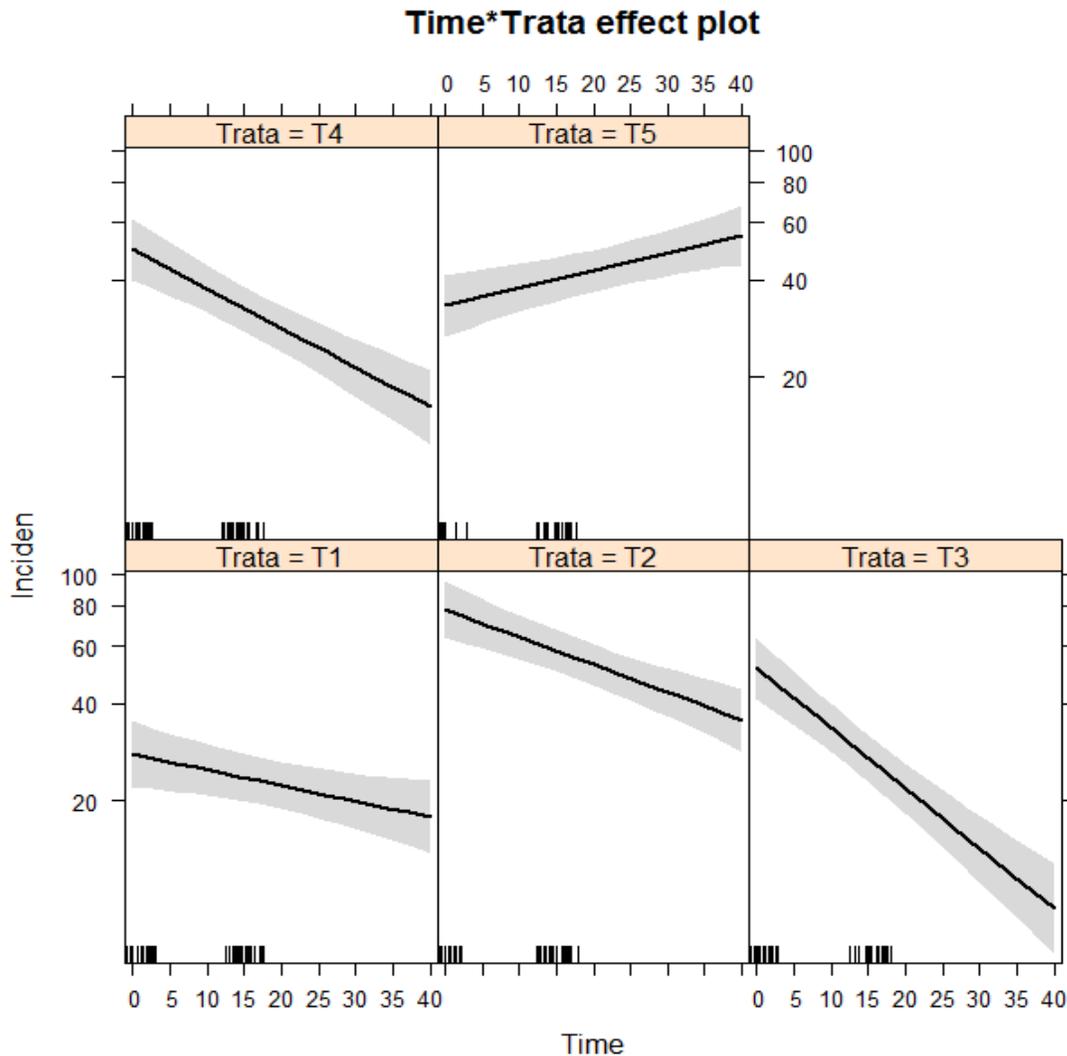
**Figura 2.** Patogenicidad de los hongos entomopatógenos de *Metarhizium anisopliae* y *Beauveria bassiana* para el control de la garrapata *Ricephalus (Boophilus) microplus*, en el municipio de Emiliano Zapata, Tabasco y en la Cuenca Lechera de Catazajá, Chiapas, México.



Fuente: elaboración propia.

Como se puede observar en la Figura 2, con el tratamiento de la cepa nativa MM01 de *Metarhizium anisopliae* 1X10<sup>8</sup> conidios/ml se presentó un porcentaje de patogenicidad de 47.71% a los 10 días de haber sido inoculada en la garrapata, en comparación con la cepa comercial de *Metarhizium anisopliae* 1.3X10<sup>12</sup> conidios/ml, que mostró 37.75% de patogenicidad a los 44.5 días de haber sido inoculada en la garrapata, mientras que la cepa comercial de *Beauveria bassiana* 1.3X10<sup>12</sup> obtuvo 76.66% de patogenicidad a los 37.3 días de haber sido inoculada en la garrapata.

**Figura 3.** Efecto binomial de los hongos entomopatógenos para el control de la garrapata en estado adulto.



Fuente: elaboración propia.

En la Figura 3 se observa que el efecto binomial fue negativo y que existe una interacción entre tratamiento y tiempo, es decir, mientras mayor sea el número de días transcurridos después de la inoculación de los hongos entomopatógenos, el efecto de mortalidad de garrapatas disminuye en comparación con el testigo. Por tanto, el análisis estadístico mostró

una diferencia altamente significativa con el factor tiempo en cuanto a datos de la chi cuadrada de 66.810 con una probabilidad de 0.001% de significancia.

## Discusión

Los hongos entomopatógenos han demostrado tener gran potencial para el control biológico de *Rhicephalus (Boophilus) microplus* (Ojeda-Chi *et al.*, 2011; Fernandes *et al.*, 2012). En condiciones de campo, la patogenicidad puede estar afectada por factores macroclimáticos tales como temperatura, humedad y radiación solar, así como factores microclimáticos, como secreciones químicas de la piel del animal, microflora y temperatura de la piel, los cuales contribuyen a elevar el nivel de infección de los hongos entomopatógenos (germinación y penetración) (Fernandes y Bittencourt, 2008; Leemon y Jonsson, 2008; Dantigny y Nanguy, 2009).

Pérez J. (2007) asegura que la mortalidad ocasionada a *Boophilus microplus* por *Beauveria bassiana* (59.19 %) en condiciones de laboratorio es el resultado de la cepa comercial de *Beauveria bassiana*  $1.3 \times 10^{12}$  conidias/ml, con 67.42 % en condiciones de campo, con aplicaciones repetidas cada 15 días, en horas de baja radiación solar (07:00-08:00); este porcentaje de mortalidad disminuyó con el paso de los días debido a que había una interacción entre el ambiente, las garrapatas del animal y los hongos, que condiciona la efectividad de estos últimos. Asimismo, Polar *et al.* (2005) evaluaron el efecto de la radiación solar sobre la temperatura corporal en relación con la sobrevivencia de las esporas de *Metarhizium anisopliae*, reportando que las áreas del cuerpo expuestas a la radiación solar con temperaturas mayores a los 35-40°C mostraban menor eficacia del hongo, en comparación con temperaturas menores a los 30-35°C, en las que *Metarhizium anisopliae* se adhiere, penetra y germina en las garrapatas en las primeras 24 horas después del tratamiento. Aplicar los tratamientos en horas de baja radiación solar pudo haber favorecido la buena eficacia de los hongos para el control *in vivo* de *Rhicephalus (Boophilus) microplus*. Por su parte, Arguetas *et al.* (2008) evaluaron la eficacia del hongo entomopatógeno *Metharrizium anisopliae* en el control de *Boophilus microplus* (Acari: Ixodidae) y reportaron el control de poblaciones de *Rhicephalus (Boophilus) microplus* al asperjar conidios de *Metarhizium*

*anisopliae*  $1 \times 10^{10}$  conidias/ml sobre el ganado en condiciones de campo, lo que presenta una disminución de garrapatas adultas en 79% y Kaaya G.P *et al.* (2011) a una concentración de  $1 \times 10^8$  conidias/ml en 83%.

La eficiencia del uso del Amitraz<sup>MR</sup> a la dosis de  $2 \text{ ml L}^{-1}$  demostró en el presente estudio un porcentaje de mortalidad de 20.75%, resultados que no coinciden con los de Arguetas *et al.* (2008), ya que estos últimos reportaron el control de poblaciones de *Ricephalus (Boophilus)* mediante el uso de Amitraz<sup>MR</sup> como tratamiento control, el cual presenta una disminución de garrapatas adultas en 59%. Posiblemente las condiciones climatológicas entre ambos estudios fueron diferentes.

Las cepas de *Metarhizium anisopliae* en dosis nativa de  $1 \times 10^8$ , la comercial en dosis de  $1.3 \times 10^{12}$  y la cepa comercial de *Beauveria bassiana*  $1.3 \times 10^{12}$  disminuyeron la infestación de garrapatas en los animales. Dicho efecto controlador de estos hongos entomopatógenos sobre las garrapatas se conservó en los animales tratados durante dos semanas después de la última aplicación, resultados similares fueron observados por Kaaya *et al.* (1996), para quienes el efecto de las conidias de los hongos de *Beauveria bassiana* y *Metarhizium anisopliae* persistieron entre una y tres semanas en las orejas de los animales después de la aplicación.

Alonso-Díaz *et al.* (2007), en su trabajo de investigación evaluación de *Metarhizium anisopliae* (*Hyphomycetes*) para el control de *Boophilus microplus* (*Acari: Ixodidae*) en infestaciones naturales en el trópico mexicano, reportaron eficacia de 40 a 91% empleando la cepa Ma34 de *Metarhizium anisopliae* sobre bovinos infestados con garrapatas adultas de *Rhicephalus (Boophilus) microplus*, lo cual coincide con lo reportado por este estudio donde el rango fue de 37.33 a 44.5% de patogenicidad. Esto tal vez pudo favorecer al animal debido a las condiciones macro y microclimáticas (Edmundo Cabrera, 2013); sin embargo, en los potreros donde pastaron los animales tratados, después de 20 días del periodo de ocupación pastaron otros que no fueron tratados, los cuales presentaron menor infestación de garrapatas, esto comprueba la dispersión de las esporas mencionada por Bautista *et al.* (2012).

Polar *et al.* (2005), en la investigación sobre las características termales de *Metarhizium anisopliae* aislamientos importantes para el desarrollo de plaguicidas biológicos para el control de garrapatas, reportaron eficacias de < 50% a concentraciones de  $1 \times 10^8$  conidias/ml en ganado estabulado bajo infestaciones naturales, lo cual coincide con los resultados de este estudio a la misma concentración  $1 \times 10^8$  conidias/ml de *Metarhizium anisopliae*, solamente que en condiciones de libre pastoreo.

Leemon *et al.* (2008) evaluaron la eficacia de *Metarhizium anisopliae* en condiciones de laboratorio y campo sobre bovinos; dichos autores reportaron baja mortalidad de garrapatas sobre los animales en comparación con la mortalidad obtenida en condiciones de laboratorio, debido a que los factores microclimáticos de los animales afectan negativamente a las esporas que inoculan sobre las garrapatas durante el proceso de aspersión. Los resultados obtenidos por ellos coinciden con lo encontrado en el presente estudio, donde la eficacia de los hongos entomopatógenos utilizados no alcanzó 90-100% como sucedió previamente en condiciones de laboratorio (Ojeda-Chi *et al.*, 2010).

Pulido *et al.* (2015) evaluaron la cepa MaF1309® de *Metarhizium anisopliae* en el control biológico de garrapatas adultas de *Rhicephalus microplus* en Tunja, Colombia, donde reportan que las garrapatas tratadas con la cepa MaF1309® de *Metarhizium anisopliae* a una concentración  $1 \times 10^8$  conidias/ml alcanzó 100% de mortalidad a los 14 días después del tratamiento, y que 50% de las garrapatas presentó fungosis a los 10, 18 y 22 días del tratamiento, lo cual concuerda con los resultados de este estudio con la cepa nativa MM01 a la misma concentración  $1 \times 10^8$  conidias/ml, que presentó patogenicidad en las garrapatas a los 10 día de la aplicación, sin embargo, no coincide con el porcentaje de mortalidad posterior a la aplicación.

Romo-Martínez *et al.* (2013), en la investigación evaluación de productos de origen natural para el control de *Rhicephalus (Boophilus) microplus* (Acari: Ixodidae) en bovinos infestados artificialmente, demostraron la eficacia del hongo sobre *Rhicephalus (Boophilus) microplus* al disminuir la cantidad de larvas, ninfas y adultas de esta garrapata, desde los 7 a los 21 días de la inoculación fúngica. Estos estudios coinciden con el presente, respecto a la eficacia de

la cepa MM01 de *Metarhizium anisopliae* a la concentración  $1 \times 10^8$ , pero no así con las cepas comerciales de *Metarhizium anisopliae* y *Beauveria bassiana* a la concentración  $1.3 \times 10^{12}$ , lo cual varía dependiendo de la cepa y la concentración utilizada. Según Frazzon *et al.* (2000), Kirkland *et al.* (2004) y R.A. Campos, *et al.* (2010), esta diferencia en la eficacia depende de la capacidad de la cepa del hongo para penetrar la cutícula de la garrapata, usando una combinación de mecanismos enzimáticos y físicos. No obstante, aunque se cuenta con un considerable volumen de información sobre estudios realizados con *Metarhizium anisopliae* para el control de garrapatas *Ricephalus (Boophilus) microplus*, no ocurre lo mismo para el hongo de *Beauveria bassiana*, del cual, a excepción del trabajo publicado por Ren *et al.* (2011), donde evalúa la virulencia de varias cepas chinas de este hongo, se cuenta con poca información específica publicada para el control de garrapatas *Ricephalus (Boophilus) microplus*.

### Conclusiones

El uso de los hongos entomopatógenos es una alternativa para el control de garrapatas en estado adulto en las región XIII Maya de Chiapas y región Ríos del estado de Tabasco, México.

*Metarhizium anisopliae* y *Beauveria bassiana* son patogenicos en estado adulto de garrapatas *Ricephalus (Boophilus) microplus*.

### Agradecimientos

A los productores en general de las comunidades de Agua Fría, Punta Arena del municipio de Catazajá, de la región XIII Maya en Chiapas y del municipio de Emiliano Zapata, región de los Ríos en Tabasco. Agradecemos de manera especial a los señores Edmundo Cabrera Fonz, Adelor Gutiérrez Vicente, Alejandro Ramírez Gutiérrez, Elver Sánchez y Rafael Ramírez Pech por facilitar sus Unidades de Producción Pecuaria, así como a la Fundación Produce Tabasco en el 2014, por el financiamiento otorgado y que permitió realizar la presente investigación.

## Bibliografía

- Alonso-Díaz, M., García, L., Galindo-Velasco, E., Lezama-Gutiérrez, R., Ángel-Sahagún, C., Rodríguez-Vivas, R., Fragoso.Sánchez, H, (2007), Evaluation of *Metarhizium anisopliae* (Hyphomycetes) for the control of *Boophilus microplus* (Acari: Ixodidae) on naturally infested cattle in the Mexican tropics, *Vet Parasitol*, 147 (3-4): 336-340.
- Álvarez C. (2007). Adultos y ninfas de la garrapata *Amblyoma Cajennense* Fabricus (Acari Ixodidae) En Equinos y Bovinos. *Revista Agronomía Costarricense*, 31(1): 61-69.
- Araque, A.; Ujueta, S.; Bonilla, R.; Gómez, D.; Rivera, J. (2014). Resistencia a acaricidas en *Rhipicephalus (Boophilus) microplus* de algunas explotaciones ganaderas de Colombia. *Rev. U.D.C.A Act. & Div. Cient.* 17(1): 161-170.
- Arguedas Miguel, Álvarez Víctor, Bonilla Roberto (2008). Eficacia del hongo entomopatógeno *Metharizium anisopliae* en el control de *Boophilus microplus* (Acari: Ixodidae). *Revista Agronomía Costarricense*, 32 (2): 137-147.
- Balladares P., Bautista-Gálvez A., Pozo Santiago C., Pimentel-Segura R. (2014). Control biológico de la garrapata *Rhipicephalus (Boophilus) microplus* con *Metarhizium anisopliae*. Cartel presentado en el IX Congreso de Biotecnología “Chiapas 2014”. Palenque, Chiapas mayo 2014.
- Bautista-Gálvez A., Barrera, J., Payró de la Cruz E., Salgado-García S., Gómez-Ruiz J., Gómez-Leyva J. (2012). Genetic characterization of *Metarhizium anisopliae* (Metchnikoff) sorokin isolates from sugarcane field and their pathogenicity against *Aeneolamiapostica* (Walker) (*Hemiptera: Cercopidae*) 28 (3):217-229.
- Bazán Tene, M. (2002). Efecto de *Metarhizium anisopliae* (*Deuteromycotina: Hyphomycetes*) en el control biológico de *(Boophilus) microplus* Canestrini (*Acari: Ixodidae*) en ganado bovino estabulado. (Tesis de Maestría). Universidad de Colima. Tecmán Colima.
- Calderón Pérez J.C. (2008). Tendencias de la ganadería bovina y oportunidades para la conversión a sistema de producción orgánica en el municipio de Tecpatán Chiapas. (Tesis de licenciatura), Universidad Autónoma de Chiapas.

- Campos R.A., Boldo J.T., Pimentel I.C., Dalfovo V., Araújo W.L., Azevedo J.L., Vainstein M.H. and Barros N.M.. (2010). Endophytic and entomopathogenic strains of *Beauveria* sp to control the bovine tick *Rhipicephalus (Boophilus) microplus*. *Genetics and Molecular Research*, 19 (3): 884.
- Cordero del Campillo M., Rojo F., Martínez A., Sánchez M., Hernández S., Navarrete I., Díez P., Quiroz H., Carvalho M. (1999). *Parasitología Veterinaria*. 1a ed. Madrid: McGraw Hill, pp. 968.
- Cortés, V., Betancourt E., Argüelles C., Pulido H. (2010). Distribución de garrapatas *Rhipicephalus (Boophilus) microplus* en bovinos y fincas del altiplano cundiboyacense (Colombia), *Corpoica Cienc. Tecnol. Agropecu.* 11(1), 73-84.
- Cuore U., Cardozo H., Trelles A, Nari A., Solari M. (2008). Características de los garrapaticidas utilizados en Uruguay. Eficacia y poder residual. *Veterinaria (Montevideo)* 43 (Suppl.169): pp. 13-24.
- Dantyni, P., Nanguy, S. (2009). Significance of the physiological state of fungal spores. *International Journal of Food Microbiology*, 134: 16-20.
- Díaz V., Izaguirre F., Martínez T., Aguirre M., Posada C., García C., Ramón C. y Garza H. (2014). Efecto de tres cepas de *Metarhizium anisopliae* (Metch) Sor sobre la mortalidad de *Rhipicephalus (Boophilus) microplus* Canestrini en condiciones de laboratorio. *Livestock Research for Rural Development*. 26 (9). Article #163.
- Estrada-Peña, García, Z. y Fragoso, S. (2006). The distribution and ecological preferences of *Boophilus microplus (Acari: Ixodidae)* in Mexico. *Exp. Appl. Acarol.* 38: pp. 307-316.
- Éverton K.K. Fernandes, Vânia R.E.P. Bittencourt, Donald W. Roberts. (2012). Perspectives on the potential of entomopathogenic fungi in biological control of ticks. *SciVerse ScienceDirect/ Experimental Parasitology*. 130: 300–305.

- Fernandes E., Bittencourt V. (2008). Entomopathogenic fungi against South American tick species. *Experimental of Applied Acarology* 46: pp. 71-93.
- Fernandes E., Bittencourt V., Roberts D. (2012). Perspectives on the potential of entomopathogenic fungi in biological control of ticks. *Experimental Parasitology*, 130: pp. 300-305.
- Fernández-Ruvalcaba M., Zhiouab E., García-Vázquez Z. (2005). Infectividad de *Metarhizium anisopliae* en contra de cepas de garrapata *Boophilus microplus* sensible y resistente a los organofosforados. *Técnica Pecuaria en México* 43(3): 433-440.
- Fernández-Ruvalcaba M., Berlanga Padilla A., Cruz Vázquez C., Hernández Velázquez V. (2010). Evaluación de cepas de *Beauveria bassiana* y *Metarhizium anisopliae* sobre la inhibición de oviposición, eclosión y potencial reproductivo en una cepa triple resistente de garrapatas *Rhicephalus (Boophilus) microplus* (Canestrini) (Acari: Ixodidae). *Entomotropica* 25 (3): 109-115.
- Frazzon A., Vaz Junior I., Masuda A., Schrank A., Henning M. (2009). In vitro assessment of *Metarhizium anisopliae* isolates to control the cattle tick *Boophilus microplus*. *Vet. Parasitol*, 94: pp. 117-125.
- Fuentes, M.Y. 2011. Resistencia de *Rhicephalus (Boophilus) microplus* a ixodicidas (cipemetrina y Amitraz) en bovinos de Actopan y Veracruz, Veracruz, ver. Pag.14
- Gillham, B. (2005). *Research interviewing: the range of techniques*. McGraw Hill Education, Berkshire, England.
- John Fox (2003). Effect Displays in R for Generalized Linear Models. *Journal of Statistical Software*, 8(15), 1-27. URL <http://www.jstatsoft.org/v08/i15/>.
- Kaaya G., Mwangi E., Ouna E. (1996), Prospects for biological control of livestock tickd; *Rhicephalus appendiculatus* and *Amblyoma variegatum*, using the entomogenous

- fungi *Beauveria bassiana* and *Metarhizium anisopliae*. *Journal of Invertebrate Pathology*, 67 (1): 15-20.
- Kaaya G.P, Samish M, Hedimbi M, Gindin G, Glazer I. (2011). Control of tick populations by spraying *Metarhizium anisopliae* conidia on cattle under field conditions. *Experimental and Applied Acarology*, 55 (3): 273-81.
- Kirkland B., Cho E., Keyhani N. (2004). Differential susceptibility of *Amblyoma maculatum* and *Amblyoma americanum* (Acari: Ixodidae) to the entomopathogenic fungi *Beauveria bassiana* and *Metarhizium anisopliae*. *Biological Control*, 31: 414-421.
- Koppel R. (2000). GGAVATT "El Rosario", Memoria de la primera demostración del grupo ganadero de validación y transferencia de tecnología "El Rosario": INIFAP, PRODUCE, Huimanguillo, Tabasco, México.
- Leemon D., Tuner L., Jonsson N. (2008). Pen studies on the control of cattle tick (*Rhipicephalus (Boophilus) microplus*) with *Metarhizium anisopliae* (Sorokin). *Vet Parasitol*, 156: 248-260.
- López Elkin, López Gustavo, Orduz Sergio (2009). Control de la garrapata *Boophilus microplus* con *Metarhizium anisopliae*, estudios de laboratorio y campo. *Revista Colombiana de Entomología*, 35 (1): 42-46.
- Martínez-Tinajero, J., Izaguirre-Flores, F., Aguirre-Medina, J., Ley de Coss, A., Osorio-López, M., Jáuregui-Jiménez, R. (2015). Control biológico de garrapata (*Boophilus spp*) con diferentes cepas de *Metarhizium anisopliae* (Metchnikoff) sorokin en Bovinos. Sitio Argentino de Producción Animal: 1-7.  
<http://www.revistacebu.com/sanidad/item/596-control-biologico-de-garrapata-boophilus-spp-con-diferentes-cepas-de-metarhizium-anisopliae-metchnikoff-sorokin-en-bovinos>

- Moncada González A., Villar Argaiz D., Chaparro Gutiérrez J., Angulo Arizada J., Mahecha Ledesma L. (2015). Aproximación al uso de hongos entomopatógenos para el control sostenible de garrapatas en sistemas ganaderos. Revisión. *Avances de Investigación Agropecuaria*, 19 (3): 55-72.
- Monroy R., Lozano E, Pimentel R., Brindis A, Hernández F., Coutiño R. (2016). Análisis Económico - Financiero de un Acopio Lechero en la Región Maya de Chiapas. *KUXULKAB´- Tierra viva o naturaleza en voz Chontal-*, 22(43), 45–54.
- Motta-Delgado P., Murcia-Ordoñez B. (2011). Hongos entomopatógenos como alternativa para el control biológico de plagas. *Revista Ambiente & Agua – An interdisciplinary Journal of Applied Science*. 6 (2): 77-90.
- Nahed J., Jiménez G., Mena Y. Castel J., De Asis F. (2007). Propuesta de evaluación de la Ganadería Chiapaneca para su conservación a sistemas de producción de leche y carne orgánicos. En: *Agroforestería pecuaria en Chiapas, México*. Jiménez G., Nahed J., Soto L. (Eds). El Colegio de la Frontera Sur. San Cristóbal de Las Casas, Chiapas. México, pp. (1) 48-53.
- Nahed J., Valdivieso A., Cámara J., Aguilar J., Grande J. D., Ruiz M., Chi J. (2013). Evaluación técnica, ambiental, económica y social de los sistemas agroforestales pecuarios tradicionales y propuestas para su adaptación al cambio climático. Sistemas silvopastoriles tradicionales en la cuenca media del río Grijalva (entre Chiapas y Tabasco, México). Informe Final del proyecto-Fordecyt Gestión y estrategias de manejo sustentable para el desarrollo regional en la cuenca hidrográfica transfronteriza Grijalva. Sub-proyecto: Gestión de sistemas ganaderos sustentables en la cuenca transfronteriza Grijalva. México, 39 pp.
- Neira Fuentes J., Carvajal Delgado L., Cala Centeno F. (2008). Evaluación del efecto de la tintura de tabaco (*Nicotina tabacum*) en el control biológico de la garrapata (*Acari*:

- Ixodidae*) que se presenta con mayor frecuencia en los caninos del albergue Caridad Animal. *Revista Spei Domus*, 5 (10): 7-11.
- Ojeda-Chi M., Rodríguez-Vivas R., Galindo-Velasco E., Lezama-Gutiérrez R., Cruz-Vázquez C. (2010). Control de *Rhicephalus microplus* (Acari: Ixodidae) mediante el uso del hongo entomopatógeno *Metarhizium anisopliae* (Hypocreales: Clavicipitaceae). Revisión. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*, 2 (2): 177-192.
- Ojeda-Chi M., Rodríguez-Vivas R., Galindo-Velasco E., Lezama-Gutiérrez R., Cruz-Vázquez R. (2011). Control de *Rhicephalus microplus* (Acari: Ixodidae) mediante el uso del hongo entomopatógeno *Metarhizium anisopliae* (Hypocreales: Clavicipitaceae). *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*, 2 (2): 177-192.
- Pérez J. (2007). Efecto de diferentes medios biológicos en el control de las garrapatas de bovinos (Tesis de Maestría), Universidad de Matanzas, Matanzas, Cuba.
- Pirali-Kheirabadi, KH & Razzaghi-Abyaneh, Mehdi & Eslamifar, Ali & Halajian, Ali & Nabian, Sedigheh. (2016). Scanning Electron Microscopy (SEM) analysis and biological control of *Ixodes ricinus* using entomopathogenic fungi. *Mycologia Iranica*. 3 (1): 39-46.
- Pinheiro J., Bates D., DebRoy S., Sarkar D., y Core Team (2017). *\_nlme: Linear and Nonlinear Mixed Effects Models\_*. R package version 3.1-131, <URL: <https://CRAN.R-project.org/package=nlme>>.
- Polar P., Aquino de Muro M., Kairo M., Moore D., Pegram R., Jhon S., Roach-Benn C. (2005). Thermal characteristics of *Metarhizium anisopliae* isolates important for the development of biological pesticides for the control of cattle ticks. *Veterinary Parasitology*, 134 (1-2): 276-284.
- Pulido-Medellín M., Rodríguez-Vivas R., García-Corredor D., Díaz-Anaya A., Andrade-Becerra R. (2015). Evaluación de la eficacia de la cepa MaF1309® de *Metarhizium*

- anisopliae* en el control biológico de garrapatas adultas de *Rhicephalus microplus* en Tunja, Colombia. *Revista de la Facultad de Ciencias Veterinarias, UCV*, 56 (2): 75-81.
- R Core Team (2017). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <https://www.R-project.org/>.
- Ren Q., Sun M., Guan G. et al. (2001), Biological control of engorged female *Haemaphysalis qinghaiensis* (Acari: Ixodidae) ticks with different chinese isolates of *Beauveria bassiana*, *Parasitol Res*, 109 (4): 1059-1064.
- Rodríguez-Alcocer U., Rodríguez-Vivas R., Ojeda-Chi M. et al. (2014). Eficacia de la mezcla de dos cepas de *Metarhizium anisopliae* (*Deuteromycotina: Hyphomycetes*) para el control de *Rhicephalus microplus* en infestaciones naturales en bovinos. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 17 (2): 223-229.
- Rodríguez S., Rodríguez M., Cruz C. (2010). Efecto ixodicida de los extractos etanólicos de algunas plantas sobre garrapatas *Rhipicephalus (Boophilus) microplus*. *Rev MVZ Córdoba* 15 (Suppl.3): pp. 2175-2184.
- Rodríguez Vivas R., Rosado Aguilar A., Basto Estrella G., et al. (2006). Manual técnico para el control de garrapatas en el ganado bovino.
- Rodríguez-Vivas R., Quiñones A., Fragoso S. (2005). Epidemiología y control de la garrapata *Boophilus* en México. En: Rodríguez-Vivas R. (ed.). *Enfermedades de importancia económica en producción animal*. México D.F. McGraw-Hill-UADY. pp. 571-592.
- Rodríguez-Vivas Roger Iván, Rosado-Aguilar José Alberto, Ojeda-Chi Melina Maribel, Pérez-Cogollo Luis Carlos, Trinidad-Martínez Iris, Bolio-González Manuel Emilio. (2014). Control integrado de garrapatas en la ganadería bovina. *Rev. Ecosistemas y Recursos Agropecuarios*. 1(3):295-308.

- Rogel L. y Tamayo R. (2007). Mortalidad de vacas en tres rebaños lecheros: estudio preliminar. Arch. Med. Vet. 39, N° 3. Instituto de Medicina Preventiva Veterinaria, Facultad de Ciencias Veterinarias, Universidad Austral de Chile. 255-260 pp.
- Romo-Martínez., Fernández-Ruvalcaba M., Hernández-Velázquez V., Peña-Chora G., Lina-García L., Osorio-Miranda J. (2013). Evaluation of natural origin products for the control of *Rhipicephalus (Boophilus) microplus* (Acari: Ixodidae) on cattle artificially infested. Basic Research Journal of Agricultural Science and Review, 2(3), 64-79.
- Sagarpa (2008). Producción pecuaria en México. Sistemas de información estadística agroalimentaria y pesquera. Consultado en 2012.
- Salamanca A. (2008). Parámetros productivos y reproductivos de ganado doble propósito. Evaluación de los parámetros productivos y reproductivos de una explotación de doble propósito en el municipio de Arauca, Colombia. Corpoica-Semagro. Colombia.
- Quiroz, R. (2007). Parasitología y enfermedades parasitarias en animales domésticos. México: Limusa.
- Valverde-Sánchez A., Mata-Granados X., Lezama-Gutiérrez R., Camacho-Calvo M. (2015). *Metarhizium anisopliae* como mico-acaricida para el control de la garrapata *Rhipicephalus microplus*. Revista Iberoamericana de Ciencias, 2 (6): 1-18.

**Rafael Pimentel Segura**

Médico Veterinario en Ciencias Animales por la Universidad Mesoamericana de la Ciudad de los Ángeles, Puebla, Maestría en Docencia en Ciencias de la Salud por la Facultad de Medicina Humana campus II de la Universidad Autónoma de Chiapas. Docente de tiempo completo adscrito a la Escuela Maya de Estudios Agropecuarios de la Universidad Autónoma de Chiapas y colaborador investigador en la línea de investigación Generación de Tecnologías para el Manejo de la Biodiversidad y Sanidad en Flora y Fauna; del Grupo Colegiado de Investigación para la Biodiversidad y Sanidad (GCI Bys) de la Escuela Maya de Estudios Agropecuarios de la Universidad Autónoma de Chiapas. Autor del libro *Unidades de Vinculación Docente*, (2014), ISBN: 978-607-8363-83-4 y el artículo Análisis Económico-Financiero de un Acopio Lechero en la Región Maya de Chiapas (2016) en la revista *KUXULKAB´* de la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, ISSN 2448-508X.

**Armando Gómez Vázquez**

Ingeniero Zootecnista por la Universidad Autónoma de Chapingo, Maestro en Ciencias en Ganadería por el Colegio de Postgraduados, Doctor en Ciencias en Ganadería por el Colegio de Postgraduados con estancia doctoral en la Universidad de Québec, Canadá. Posdoctorado en Ganadería y Ambiente por el Colegio de la Frontera Sur. Ha sido profesor colaborador de Chapingo, UNAM, UAM, UAEM, UMAR, Colegio de Postgraduados, INIFAP, IPN. Ha impartido cursos a nivel de posgrado en la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco: Estadística experimental, Bioquímica, Seminario de Investigación I y II, Comunicación Científica, Redacción de documentos científicos, Nutrición Animal y Nutrición de rumiantes. Ha publicado más de cuarenta artículos científicos en revistas Indizadas nacionales e internacionales, como: *Tropical Animal Health Production*, *Journal of Applied Animal Research*, *Research Journal of Biological Sciences*, *Cuban Journal of Agricultural Science*, *Acta Agriculturae Scandinavica, Section A–Animal Science*, *African Journal of Microbiology Research*, *South African Journal of Animal Science*, *Animal Production Science*, *Livestock Production Science*, *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*, *Universidad y Ciencia e Interciencia*. Profesor-investigador de tiempo completo 2000-2002

en la Universidad del Mar. Profesor-Investigador de tiempo completo en la División Académica de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. Perfil PROMEP desde el 2005 a la fecha. Miembro del Sistema Estatal de Investigadores del Estado de Tabasco, desde el 2004 a la fecha. Miembro del Sistema Nacional de Investigadores desde el 2004 a la fecha.

**Arely Bautista Gálvez**

Doctora en Ciencias, Ecología y Desarrollo Sustentable por el Colegio de la Frontera Sur, Ingeniera en Agronomía con especialidad en Fitotecnia por el Instituto Tecnológico Agropecuario No.18, con Maestría en Ciencias en Biotecnología agropecuaria por el Instituto Tecnológico agropecuario No. 20. Profesora de Tiempo Completo de la Universidad Autónoma de Chiapas, Perfil PRODED, Miembro del Sistema Nacional de Investigadores desde el 2015 hasta la fecha. Su línea de investigación: Generación de Conocimientos y Tecnologías hacia el Desarrollo Sustentable. Autora de libros sobre hongos, control biológico, palma de aceite y de artículos científicos sobre la diversidad genética de hongos entomopatógenos, control biológico de la mosca pinta en caña de azúcar. Ha realizado estancias académicas nacionales e internacionales.

Rol de Contribución	Autor(es)
Conceptualización	Arely Bautista Galvez
Metodología	Arely Bautista Galvez
Software	Javier Valler Mora
Validación	Arely Bautista Galvez y Armando Gomez Vazquez
Análisis Formal	Arely Bautista Galvez
Investigación	Rafael Pimentel Segura
Recursos	Arely Bautista Galvez
Curación de datos	Arely Bautista Galvez y Rafael Pimentel Segura
Escritura - Preparación del borrador original	Rafael Pimentel Segura.
Escritura - Revisión y edición	Armando Gomez Vazquez y Arely Bautista Galvez
Visualización	Arely Bautista Galvez y Rafael Pimentel Segura
Supervisión	Arely Bautista Galvez y Armando Gomez Vazquez
Administración de Proyectos	Arely Bautista Galvez y Rafael Pimentel Segura
Adquisición de fondos	Arely Bautista Galvez