

**PROGRAMA DE EDUCACIÓN PARA EL DESARROLLO Y LA  
CONSERVACIÓN  
ESCUELA DE POSGRADO**

Uso de *Metarhizium anisopliae* para el control biológico del salivazo  
(*Aeneolamia* spp. y *Prosapia* spp.) en pastizales de *Brachiaria decumbens*  
en El Petén, Guatemala

Tesis sometida a consideración de la Escuela de Posgrado, Programa de Educación para  
el Desarrollo y la Conservación del Centro Agronómico Tropical de Investigación y  
Enseñanza como requisito para optar por el grado de:

*Magister Scientiae* en Agricultura Ecológica

Por

Salvador Castillo Zeno

Turrialba, Costa Rica, 2006

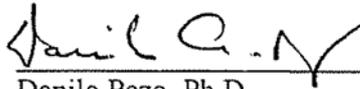
Esta tesis ha sido aceptada en su presente forma por el Programa de Educación para el Desarrollo y la Conservación y la Escuela de Posgrado del CATIE y aprobada por el Comité Consejero del Estudiante como requisito parcial para optar por el grado de:

*MAGISTER SCIENTIAE*

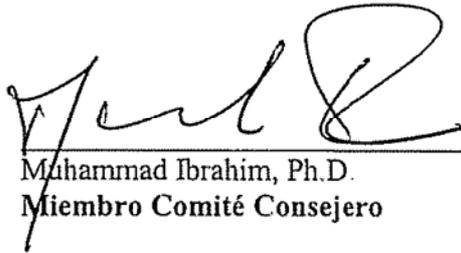
**FIRMANTES:**



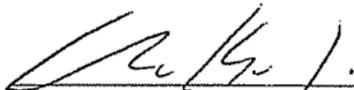
Manuel Carballo Vargas, M.Sc.  
Consejero Principal



Danilo Pezo, Ph.D.  
Miembro Comité Consejero



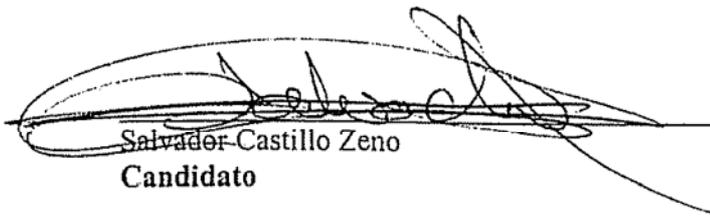
Muhammad Ibrahim, Ph.D.  
Miembro Comité Consejero



Eduardo Hidalgo, M.Sc.  
Miembro Comité Consejero



Glenn Galloway, Ph.D.  
Director Programa de Educación y  
Decano de la Escuela de Posgrado



Salvador Castillo Zeno  
Candidato

## **DEDICATORIA**

A mis padres

Guadalupe Ernestina y Julio Alejandro por los sacrificios realizados para impulsar mi desarrollo personal y profesional

A mis hermanos (a)

Joaquina, Celestino, Pedro, Julio, Jaime, Rubén<sup>†</sup>, Juan, Humberto, Florencio por su solidaridad, motivación y apoyo incondicional.

A mis primas Ma. Elena, Margarita y Amelia por su invaluable apoyo y comprensión.

A mis sobrinos (as) y demás familiares que directa o indirectamente han apoyado y luchado por la unidad familiar.

A mis tíos (as) que siempre ha motivado nuestra superación y la convivencia familiar.

A los productores del medio rural que me han brindado de manera incondicional su apoyo

A los profesionistas que cada día se esfuerzan por encontrar la forma de promover el desarrollo rural con el firme propósito de disminuir la pobreza.

## **AGRADECIMIENTOS**

A International Fellowships Program (IFP) de la Fundación FORD que en México es el Programa Internacional de Becas de Posgrado para Indígenas por la beca proporcionada para la realización de mis estudios de maestría.

Al Comité Asesor: MSc. Manuel Carballo, PhD. Muhammad Ibrahim, PhD. Danilo Pezo, MSc. Eduardo Hidalgo, por asesorar y por sus aportes en este trabajo de investigación.

Al PhD. Fernando Casanoves e Ing. Gustavo López del área de Biometría del CATIE.

Al MSc. Jorge Cruz Bolaños, coordinador Regional del proyecto CATIE/NORUEGA-PD, con sede en Flores, Petén, Guatemala.

Al Ing. Alejandro Rodríguez Morales del Programa Entomología, LAICA–DIECA, Costa Rica.

Al MAGA (Ministerio de Agricultura y Ganadería) en Santa Elena, Petén, en particular a los Ings. Manuel Francisco Cano Alvarado y Adolfo Loaiza por el apoyo brindado.

Al CUDEP (Centro Universitario de El Petén) en Santa Elena, Petén en particular al Profr. Manuel Baldizón.

A los productores de la comunidad de Santa Rosita, Municipio de Dolores, Petén, en particular a los Sres. Raúl de la Cruz, Evelio de la Cruz y Juan Orellana, por las facilidades otorgadas para realizar este trabajo en sus fincas ganaderas.

A todas las personas que contribuyeron directa e indirectamente en la realización de este trabajo.

## **BIOGRAFÍA**

Salvador Castillo Zeno, nació el 22 de noviembre de 1966 en el Barrio de Tatoxcac, Municipio de Zacapoaxtla, Estado de Puebla, País México. Pertenece al grupo étnico Náhuatl o Azteca. Realizó sus estudios en la Universidad Autónoma Chapingo en el periodo de 1982-1989. Obtuvo el grado de Ingeniero Agrónomo Zootecnista en 1990. Trabajó en el Programa de Asesores Externos del FIRA-Banco de México en el periodo 1990-1993; como Ejecutivo Agropecuario para la Banca Privada de 1994-1998, desarrolló actividades relacionadas con crédito y evaluación de proyectos agropecuarios y en el periodo 2000-2003 como Asesor independiente, trabajó con autoridades municipales de la Sierra Sur de Oaxaca. Concluyó sus estudios de Maestría en el área de Agricultura Ecológica en el CATIE durante el periodo 2004-2005 y obtuvo el grado de Magister Scientiae en enero del 2006.

# CONTENIDO

Dedicatoria.....	III
Agradecimientos.....	IV
Biografía.....	V
CONTENIDO.....	VI
INDICE DE CUADROS.....	VIII
INDICE DE FIGURAS.....	IX
Resumen.....	X
SumMary.....	XI
1 INTRODUCCIÓN.....	1
1.1 Objetivos del estudio.....	2
1.1.1 Objetivo General.....	2
1.1.2 Objetivos específicos.....	2
1.2 Hipótesis.....	3
2 REVISIÓN DE LITERATURA.....	4
2.1 Caracterización taxonómica del salivazo.....	4
2.2 Distribución geográfica y hospedantes del salivazo.....	4
2.3 Ciclo de vida del salivazo.....	5
2.3.1 Huevo.....	6
2.3.2 Ninfa.....	7
2.3.3 Adulto.....	9
2.4 Reproducción y sitios de oviposición del salivazo.....	10
2.5 Patrones de comportamiento y distribución espacial del salivazo.....	10
2.6 Daños causados sobre las pasturas e importancia económica del salivazo.....	11
2.7 Control y manejo del salivazo.....	13
2.7.1 Control cultural.....	13
2.7.2 Control químico.....	14
2.7.3 Resistencia genética.....	14
2.7.4 Control biológico.....	15
2.7.4.1 Introducción y colonización.....	16
2.7.4.2 Liberación inoculativa.....	16
2.7.4.3 Liberación inundativa.....	16
2.7.4.4 Manejo del agroecosistema.....	16
2.8 Uso de hongos entomopatógenos en el control de salivazo.....	17
2.8.1 Ciclo de vida de <i>Metarhizium anisopliae</i> .....	17
2.8.2 Acción de <i>Metarhizium anisopliae</i> sobre la población del salivazo.....	19
2.8.3 Factores que influyen en el establecimiento y acción de hongos entomopatógenos.....	19
2.8.3.1 Humedad Relativa (HR).....	20
2.8.3.2 Temperatura (T).....	20
2.8.3.3 Radiación solar (RS).....	21
2.8.3.4 Suelo.....	21
2.8.3.5 Los agroquímicos y su efecto sobre los entomopatógenos.....	22
2.9 Métodos y técnicas de muestreo para evaluar densidades de población de salivazo.....	22
2.10 Pasto <i>Brachiaria decumbens</i> .....	23

3	MATERIALES Y METODOS.....	25
3.1	Descripción del área de estudio.....	25
3.1.1	Clima del área de estudio.....	25
3.1.2	Selección de fincas para la realización del experimento .....	26
3.1.3	Cepas de <i>Metarhizium anisopliae</i> utilizados.....	26
3.1.4	Tratamientos evaluados .....	28
3.2	Métodos estadísticos .....	28
3.2.1	Diseño experimental .....	28
3.2.2	Modelo estadístico.....	29
3.2.3	Variables evaluadas .....	29
3.2.3.1	Población de ninfas de salivazo.....	29
3.2.3.2	Población de adultos de salivazo.....	29
3.2.3.3	Producción de materia seca y proteína cruda .....	29
3.2.4	Obtención de una cepa nativa de hongo entomopatógeno.....	30
4	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	31
4.1	Especies de salivazo existentes en el área de estudio.....	31
4.2	Dinámica poblacional del salivazo en <i>Brachiaria decumbens</i> .....	31
4.3	Los sistemas silvopastoriles y su relación con el salivazo .....	33
4.4	Efectividad de las cepas de <i>Metarhizium anisopliae</i> sobre el control de ninfas del salivazo .....	34
4.5	Efectividad de las cepas de <i>Metarhizium anisopliae</i> sobre el control de adultos del salivazo .....	38
4.6	Impacto del salivazo sobre la producción y calidad de biomasa del pasto <i>Brachiaria decumbens</i> .....	41
4.7	Cepa nativa de hongo entomopatógeno.....	42
5	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	44
5.1	Conclusiones.....	44
5.2	Recomendaciones.....	44
6	LITERATURA CITADA .....	46
7	ANEXOS.....	55

## INDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Tamaño (mm) y duración (días) por fase de desarrollo en huevos de <i>Prosapia simulans</i> .....	6
Cuadro 2. Tamaño (mm) de los diferentes estadios ninfales de dos especies de salivazo. .	8
Cuadro 3. Duración (días) de la fase ninfal de <i>Prosapia simulans</i> .....	9
Cuadro 4. Influencia de la humedad relativa sobre la germinación de esporas de <i>M. anisopliae</i> a 25 °C después de 24 horas.....	20
Cuadro 5. Grados de infestación de ninfas de salivazo.....	22
Cuadro 6. Grados de infestación de adultos de salivazo .....	23
Cuadro 7. Tratamientos evaluados.....	28
Cuadro 8. Contenido de proteína cruda y DIVMS del pasto <i>Brachiaria decumbens</i> afectado por salivazo. ....	42

## INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ciclo de vida del salivazo.....	5
Figura 2. Promedio mensual de temperatura, promedio semanal de precipitación (1973-1993), y fluctuación poblacional de ninfas de <i>D. flavopicta</i> .....	11
Figura 3. Gráfica de precipitación y temperatura de El Petén, Guatemala (1990-2000).	25
Figura 4. Prueba de cepas de <i>Metarhizium anisopliae</i> en laboratorio .....	27
Figura 5. Fluctuación poblacional de ninfas y adultos de salivazo (A) y (B) comportamiento de humedad relativa (%), precipitación (mm) y temperatura en °C en la zona de estudio. ....	32
Figura 6. Fluctuación poblacional de ninfas de salivazo A: aplicación convencional, B: bajo volumen y C: promedio de los dos métodos de aplicación de <i>M. anisopliae</i> . ....	36
Figura 7. Población de ninfas de salivazo por forma de aplicación. ....	37
Figura 8. Fluctuación poblacional de adultos de salivazo A: aplicación convencional, B: bajo volumen y C: promedio de los dos métodos de aplicación de <i>Metarhizium anisopliae</i> . ....	40
Figura 9. Población de adultos de salivazo por forma de aplicación: convencional y bajo volumen y fecha de muestreo. ....	41
Figura 10. Producción de materia seca de <i>Brachiaria decumbens</i> por tratamiento.....	41

**Castillo-Zeno, S. 2006.** Uso de *Metarhizium anisopliae* para el control biológico del salivazo (*Aeneolamia* spp. y *Prosapia* spp.) en pastizales de *Brachiaria decumbens* en El Petén, Guatemala. Tesis Mag. Sc. CATIE. Turrialba, Costa Rica.

**Palabras clave:** Mosca pinta, salivita, mión de los pastos, cigarrinha, spittlebugs, hongos entomopatógenos, cepa nativa, dinámica poblacional, sistemas silvopastoriles, *Aeneolamia albofasciata*, *Prosapia simulans*, *Batkoa*.

## RESUMEN

La ganadería es una de las principales actividades productivas en el departamento de El Petén, Guatemala. Se basa en el aprovechamiento de pastos naturales e introducidos, entre ellos *Brachiaria decumbens*. Sin embargo, una de sus limitaciones es la susceptibilidad al ataque del salivazo (Homoptera: Cercopidae). Esta plaga también es conocida con los siguientes nombres comunes: “salivita” (Nicaragua), “mión de los pastos” (Colombia), “cigarrinha” (Brasil), “candelilla” (Venezuela), “salivazo” o “baba de culebra” (Costa Rica), “salivazo” o “mosca pinta” (México), “Spittlebugs” o “Froghoppers” (USA), “chiche salivosa” (Guatemala). Ésta última es la denominación común en El Petén. En el presente estudio se evaluaron tres cepas de *Metarhizium anisopliae* y un control (agua) utilizando dos formas de aplicación: convencional (200 l agua/ha) y en bajo volumen (60 l agua/ha) en fincas con pasto *Brachiaria decumbens* con una dosis de  $2.5 \times 10^{12}$  conidios/ha. Se hicieron dos aplicaciones con un intervalo de 30 días. Se realizaron muestreos semanales de la población de ninfas utilizando un marco metálico de 0.5 x 0.5 m y de adultos con una red entomológica; además se determinó la calidad de biomasa del pasto. Se identificaron dos especies *Aeneolamia albofasciata* y *Prosapia simulans*. Se determinó que el pH de la masa de espuma o salivazo es alcalino. La dinámica poblacional del salivazo en el área de estudio está estrechamente asociada al patrón de la precipitación pluvial. Se observó que en pastizales sin cobertura arborea la especie predominante fue *Aeneolamia albofasciata* mientras que bajo cobertura arborea fue *Prosapia simulans*. No hubo diferencias estadísticas significativas ( $P > 0.05$ ) entre los tratamientos evaluados ni entre las formas de aplicación, lo que indica que las cepas de *Metarhizium* no tuvieron efecto de control sobre las ninfas ni sobre los adultos del salivazo bajo las condiciones ambientales prevalecientes en el campo. Cerca del área experimental se encontró un hongo nativo que causó una epizootia en adultos de salivazo el cual se identificó como *Batkoa* sp. Se determinó que el contenido de proteína y digestibilidad de la pastura es afectado fuertemente y la pérdida de producción de biomasa fue del 100% a causa del ataque del salivazo.

**Castillo-Zeno, S. 2006.** Biological control of the spittlebugs (*Aeneolamia* spp. and *Prosapia* spp.) with use of *Metarhizium anisopliae* in *Brachiaria decumbens* grasslands in El Petén, Guatemala. Thesis Mag. Sc. CATIE. Turrialba, Costa Rica.

**Key words:** Salivazo, mosca pinta, salivita, mión de los pastos, cigarrinha, entomopathogenic fungi, native strain, populational dynamics, silvopastoral systems, *Aeneolamia albofasciata*, *Prosapia simulans*, *Batkoa*.

## SUMMARY

Livestock is an important economic activity in the region of El Petén, Guatemala. This activity is based on the use of natural and introduced grasses as *Brachiaria decumbens*. However, its susceptibility to the attack of the spittlebugs (Homoptera: Cercopidae) is a limitation. This pest is commonly known as: salivita (Nicaragua), mión de los pastos (Colombia), cigarrinha (Brazil), candelilla (Venezuela), salivazo or baba de culebra (Costa Rica), salivazo or mosca pinta (Mexico), Spittlebugs or froghoppers (USA), chinche salivosa (Guatemala). The latter is the common name used in El Petén region. The objective of this study was to evaluate three commercial strains of *Metarhizium anisopliae*, with water as control by using two forms of application: conventional (200 l water per ha) and in low volumen (60 l water per ha) in farms with *Brachiaria decumbens*. The dose applied was  $2.5 \times 10^{12}$  conidia per ha. Two applications were made with an interval of 30 days. The nymphs and adults populations were sampled on a weekly basis. The nymphs were sampled by using a 0.5 m x 0.5 m metallic square and adults were sampled with an entomological net. The quality of grass biomass was also determined. In this study two species of spittlebugs were identified: *Aeneolamia albofasciata* and *Prosapia simulans*. The pH of the mass of foam or froth was alkaline. The population dynamics of the spittlebugs in the study area was closely associated to the rainfall pattern. It was observed that *Aeneolamia albofasciata* dominated in grasslands with no shade trees while *Prosapia simulans* dominated in grasslands with shade trees. There were no significant statistical differences ( $P > 0.05$ ) between the evaluated treatments or between the forms of applications which indicated that the strains of *Metarhizium* did not have a control effect neither on the nymphs or adults under field conditions. A native entomopathogenic fungi was found near the study site which caused epizootic disease in adult spittlebugs. The fungi was identified as *Batkoa* spp. Protein content and grass digestibility was severely affected and biomass production decreased by 100% with spittlebug attacks.

# 1 INTRODUCCIÓN

La ganadería es una de las principales actividades productivas en el departamento de El Petén, Guatemala. Se basa en el aprovechamiento de los recursos forrajeros de pastos naturales e introducidos. Entre las especies de gramíneas más difundidas durante las décadas más recientes destacan las del género *Brachiaria*, entre ellas, *Brachiaria decumbens* que es una especie de alta capacidad para establecerse en suelos ácidos de baja fertilidad, y de fácil propagación a través de semillas o material vegetativo y además produce cantidades aceptables de forraje de buena calidad. Sin embargo, una de sus limitaciones es la susceptibilidad al ataque del salivazo (Homoptera: Cercopidae) (Lapointe, 1993; Rivas y Holmann, 2004).

El salivazo es un insecto plaga conocido con los siguientes nombres comunes: “salivita” (Nicaragua), “mión de los pastos” (Colombia), “cigarrinha” (Brasil), “candelilla” (Venezuela), “salivazo”, “baba de culebra” (Costa Rica), “salivazo”, “mosca pinta” (México), “Spittlebugs” y “Froghoppers” (USA), “chinche salivosa” (Guatemala). Ésta última es la denominación común en El Petén.

Los géneros de salivazo más comunes en América Central son *Aeneolamia* spp. y *Prosapia* spp. Es una plaga de amplia distribución considerada como la más perjudicial de las pasturas neotropicales, porque ataca a la mayoría de especies y genotipos del género *Brachiaria*, y también otras especies como los pastos estrella (*Cynodon nlemfuensis*), pangola (*Digitaria decumbens*), suazi (*Digitaria swazilandensis*) y las del género *Setaria*, entre otras (Peck *et al.* 2003a), así como la caña de azúcar (*Saccharum officinarum* L.) (Guagliumi, 1972/73).

La presencia de la plaga en los pastizales está estrechamente relacionada con el patrón de lluvias y puede tener hasta seis generaciones dependiendo del periodo lluvioso. Con un ataque severo de salivazo, la parte aérea de la planta muere y se reduce significativamente la producción de materia seca, así como la digestibilidad y la calidad del forraje, con un impacto negativo sobre la carga animal y la producción de leche y carne (Holman y Peck, 2002).

Debido a circunstancias ambientales en ocasiones el salivazo no constituye problema alguno que inquiete a los ganaderos; sin embargo, en años cuando las condiciones son propicias para su desarrollo, puede adquirir grandes proporciones y su manejo para el caso de pequeños productores se complica por su limitada capacidad física y económica, lo que hace necesario que aún en años y épocas de infestaciones leves, los ganaderos deberían de realizar medidas de control para prevenir las infestaciones en años subsecuentes, que podrían constituir un problema serio a la actividad

ganadera. Tradicionalmente el control del salivazo se realiza con el uso de químicos, requiriéndose de varias aplicaciones de producto, con sus efectos adversos en el ambiente y la salud humana.

Hasta el presente no se ha encontrado una forma de combate efectivo y económico para la plaga del salivazo, en este contexto y con el propósito de mostrar una cara más amigable de la ganadería con el medio ambiente y la sociedad actual y futura, el presente trabajo tiene como objetivo buscar alternativas no químicas para el control del salivazo de los pastos, que conjuntamente con los sistemas de silvopastoreo permitan disminuir el impacto ecológico negativo de la actividad ganadera.

## **1.1 Objetivos del estudio**

### **1.1.1 Objetivo General**

Generar una alternativa no química para el control del salivazo en pastizales de la región de El Petén, Guatemala

### **1.1.2 Objetivos específicos**

- Evaluar tres cepas comerciales del hongo entomopatógeno *Metarhizium anisopliae* y dos formas de aplicación: convencional (C) y en bajo volumen (BV) para el control biológico del salivazo.
- Determinar la dinámica poblacional de salivazo bajo las condiciones ecológicas de la región de El Petén, Guatemala.
- Estimar el impacto del ataque de salivazo sobre la producción de materia seca y calidad de forraje de *Brachiaria decumbens*.
- Obtener una cepa nativa de hongo entomopatógeno para el control de salivazo en El Petén, Guatemala.

## 1.2 Hipótesis

- Las cepas comerciales del hongo entomopatógeno *Metarhizium anisopliae* son efectivas para el control biológico del salivazo en El Petén, Guatemala.
- La forma de aplicación de los hongos entomopatógenos influye en su grado de efectividad sobre la plaga que se desea controlar.
- La producción de biomasa y calidad nutritiva se ven afectadas negativamente por el ataque del salivazo.
- Existen cepas nativas de hongos entomopatógenos que actúan como controladores biológicos del salivazo.

## 2 REVISIÓN DE LITERATURA

### 2.1 Caracterización taxonómica del salivazo

El salivazo (familia Cercopidae) también conocido como mosca pinta, baba de culebra o chinche salivosa comprende 11 géneros y aproximadamente 360 especies de cercópidos registrados en el neotrópico, de los cuales entre 20-30 son plagas de gramíneas. Los géneros principales son *Aeneolamia*, *Deois*, *Mahanarva*, *Prosapia* y *Zulia* (Peck, 2001). Su clasificación taxonómica es la siguiente:

Clase	Insecta
Orden	Homoptera
Sub orden	Auchenorrhyncha
Super familia	Cicadoidea
Familia	Cercopidae
Géneros	<i>Aeneolamia</i> , <i>Deois</i> , <i>Mahanarva</i> , <i>Prosapia</i> , <i>Zulia</i> , etc.

### 2.2 Distribución geográfica y hospedantes del salivazo

Es una plaga del continente Americano que tiene una amplia distribución geográfica que va desde el Sureste de los Estados Unidos de América hasta el Noreste de Argentina y una distribución altitudinal que va desde los 0 hasta los 3000 msnm (Peck, 2001; Rodríguez *et al.* 2003). Las especies de salivazo de mayor importancia económica en las pasturas tropicales pertenecen a los géneros *Zulia*, *Deois*, *Prosapia*, *Aeneolamia* y *Mahanarva*. En América Central se encuentran los géneros de *Aeneolamia* y *Prosapia* (CIAT, 1982; Coto y Saunders, 2004).

El salivazo es una plaga que se desarrolla en muchas especies de plantas. Se reportan daños serios en cultivo de caña de azúcar, maíz, arroz y numerosas poáceas silvestres y cultivadas como pastos para alimentar ganado. En los pastos cultivados los mayores daños se han reportado en: pasto barrera (*Brachiaria decumbens*), pasto guinea (*Panicum maximun*), pangola (*Digitaria decumbens*), alemán (*Echinochloa polystachya*), elefante (*Pennisetum purpureum*) y kikuyo (*Pennisetum clandestinum*), entre otros.

En Guatemala existen las especies *Aeneolamia albofasciata* y *Prosapia simulans* que atacan a pastos, caña de azúcar, citronela, arroz, maíz y gramíneas silvestres (Saunders *et al.* 1998; Coto y Saunders, 2004).

### 2.3 Ciclo de vida del salivazo

Los cercópodos presentan metamorfosis gradual o sencilla denominada paurometábola que se caracteriza por los estados de huevo, ninfa y adulto en el ciclo biológico de los insectos y porque las formas jóvenes o ninfas tienen una forma similar al insecto adulto.

La diversidad taxonómica del complejo salivazo implica también una variación biológica que se manifiesta principalmente en la duración de cada etapa del ciclo de vida. El desafío para el manejo de este insecto es establecer los patrones poblacionales de cada especie en las diferentes regiones, lo que puede permitir tomar decisiones sobre estrategias de control más acertadas.

La figura 1 presenta los rangos de variación de las etapas del ciclo de vida del salivazo:

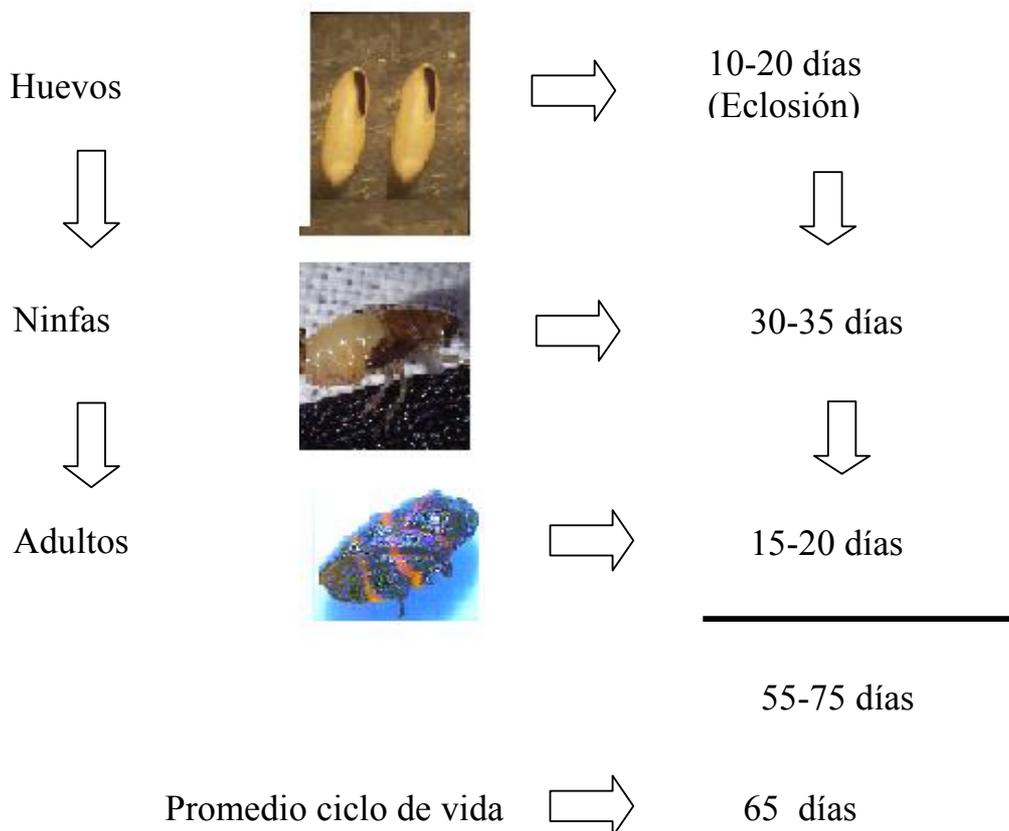


Figura 1. Ciclo de vida del salivazo.

### 2.3.1 Huevo

Los huevos de salivazo recién ovipositados presentan una coloración amarillo cremoso, no distinguiéndose ninguna estructura en especial, son alargados con una longitud promedio de 1 mm y 0.3 mm de diámetro, con superficie lisa (Vargas, 1970; CIAT, 1982). En huevos de *P. simulans* se observan cuatro fases de desarrollo (S1, S2, S3 y S4) y son distinguibles por su tamaño y apariencia externa (Cuadro 1). En la fase S1, los huevos son de color amarillo y sin evidencia de desarrollo. En la fase S2, hay una mancha roja localizada debajo de la línea de eclosión. En la fase S3, la línea de eclosión está abierta y la superficie negra del opérculo está expuesta. En la fase S4, hay un par de puntos rojos a los costados del corión, y otra pareja al lado de la línea de eclosión que representan los ojos. El tamaño de los huevos, tanto el ancho como el largo, se incrementan significativamente al pasar de una fase a otra y la duración promedio del estado de huevo es de 18 días (Rodríguez *et al.* 2003). La humedad relativa influye notablemente en la duración del periodo de incubación; en condiciones de humedad del 80 ó 90% y temperatura de 26 °C los huevos incuban en un periodo de 15 días, con un rango de 12 a 18 días; en condiciones de baja humedad relativa el periodo de incubación puede prolongarse a 20 ó 30 días, y en ocasiones se inhibe la incubación y los huevos entran en diapausa, que puede durar varios meses, hasta que las condiciones sean favorables. La mayoría de los huevos ovipositados al final del periodo de lluvias permanecen en el suelo en estado de diapausa hasta el inicio del siguiente periodo lluvioso, razón por la cual la primera generación de salivazo generalmente coincide con el inicio de las lluvias (CIAT, 1982).

Cuadro 1. Tamaño (mm) y duración (días) por fase de desarrollo en huevos de *Prosapia simulans*.

Parámetro	Estados de desarrollo				
	S1	S2	S3	S4	Total
Largo	1.16	1.18	1.21	1.25	-----
Ancho	0.32	0.34	0.39	0.42	-----
Duración	6.90	2.13	3.98	5.18	17.99
Rango	(6 - 13)	(1 - 9)	(2 - 5)	(4 - 7)	(16 - 23)

Adaptado de Rodríguez *et al.* 2003

### 2.3.2 Ninfa

Las ninfas recién eclosionadas están desprovistas de zonas quitinizadas, son sumamente activas e inmediatamente buscan refugio en las partes húmedas y sombreadas de la base de las plantas e inician su alimentación, situándose generalmente en las raíces secundarias o tallos de la planta hospedera, generalmente la posición de alimentación es con la cabeza hacia abajo. Se caracterizan principalmente por la masa de espuma o “saliva” que producen que sirve de defensa de enemigos naturales y como protección de condiciones climáticas adversas. La producción de espuma la llevan a cabo una vez que inician su alimentación, en el transcurso de 5 a 15 minutos, ya que en un tiempo mayor y condiciones adversas de temperatura y humedad, les causaría la muerte por desecación (Bodegas, 1973). La espuma es formada por una sustancia de consistencia mucilaginosa que es secretada por glándulas hipodérmicas grandes, que están situadas a nivel de la región pleural del séptimo y octavo segmento abdominal y se denominan “glándulas de Batelli”. La sustancia que secretan está compuesta en su mayor parte de un aminoazúcar y por el exceso de líquido que extraen de la planta (CIAT, 1982). En aproximadamente 10% de las espumas cohabitan ninfas que varía de 2 a 5 ocupantes y el diámetro de la espuma es de 3.5 cm en la especie *Prosapia* nr. *bicincta* (Peck, 1998), mientras que Pass y Reed (1965) reportan que el 51% de las masas de espuma contienen 2 o más ninfas en la especie *Prosapia bicincta*.

Durante el desarrollo de las ninfas se pueden identificar cinco instares o estadios (Fewkes, 1960; Fagan y Kuitert, 1969; Guagluimi, 1972; Bodegas, 1973, Coronado, 1978; CIAT, 1982; Peck, 2002; Rodríguez *et al.* 2003; Peck, 2003). Al final de cada instar la ninfa sufre una muda y aumento de tamaño, desarrollando progresivamente las estructuras alares y reproductivas (Cuadro 2).

En el primer estadio, recién eclosionada del huevo las ninfas son de color blanco o blanco cremoso, presentando los ojos de color rojo y unas manchas de color naranja-rojizo muy notorias, situadas entre el 5o. y 8o. segmento abdominal (Bodegas, 1973; Peck, 2002). Sus alas son vestigiales y apenas distinguibles hasta poco antes de mudar por primera vez, sus patas se ven alargadas y son torpes al caminar (Coronado, 1978). Es muy difícil de encontrarlas en el campo por su tamaño pequeño y escasa masa de espuma y porque se esconden en la superficie del suelo o entre la hojarasca, a veces en las fisuras debajo de la superficie del suelo.

En el segundo estadio las ninfas conservan su color inicial y las manchas rojo-anaranjadas son notorias. Sus alas vestigiales se distinguen al final del estadio cubriendo la mitad del primer segmento abdominal. Su cabeza obscurece un poco y la parte dorsal del tórax es también amarillo-grisáceo. Su abdomen es abultado como consecuencia de la alimentación y la masa espumosa que la

protege, es también de mayor tamaño, según la cantidad de humedad existente en el medio en que se desarrolla (Bodegas, 1973; Coronado, 1978)

Durante el tercer estadio las ninfas tienen una tonalidad cremosa y el color de la cabeza y la parte dorsal del tórax es de tonalidad café-amarillenta o grisácea, contrastando con la coloración del cuerpo. Las alas son más desarrolladas, alcanzando la mitad del segundo segmento abdominal, son de color que varía de blanco-amarillento a café-amarillento. Las manchas rojo-anaranjadas del abdomen se observan más difusas y en ocasiones como grupos de manchas pequeñas (Bodegas, 1973).

En el cuarto estadio, las ninfas no muestran cambios apreciables respecto del tercer estadio, lo que destaca es el aumento de tamaño del cuerpo (Bodegas, 1973).

El quinto estadio es una etapa de transición entre el estado ninfal y el adulto. La ninfa deja de secretar la saliva y completa la formación de sus alas, y aunque inicialmente se observan descoloridas, éstas cambian su coloración a través del tiempo. Se distinguen dos fases en este estadio, el temprano (Va) y el tardío (Vb). La diferencia entre estas dos fases es la longitud del cuerpo y no se consideran como instares distintos, porque no ocurre muda del insecto. En el último instar la espuma que recubre a la ninfa es más densa y persiste varios días hasta que ocurre la última muda y emerge el adulto.

Cuadro 2. Tamaño (mm) de los diferentes estadios ninfales de dos especies de salivazo.

Estado Ninfal	<i>Aeneolamia occidentalis</i>		<i>Prosapia simulans</i>			<i>Prosapia nr. biscinta</i>
	Distancia entre ojos	Longitud del cuerpo	Ancho de la cabeza	Longitud del cuerpo	Longitud del estilete	Diámetro masa de espuma
I	0.40	1.00	0.45	1.66	0.36	2.44
II	0.65	3.30	0.65	2.33	0.47	3.90
III	1.10	4.25	0.96	3.16	0.62	5.50
IV	1.50	6.50	1.42	5.99	0.97	10.68
V	1.80	7.50	-----	-----	-----	14.84
Va	-----	-----	1.92	7.79	1.16	-----
Vb	-----	-----	2.17	8.18	0.93	-----

Adaptado de Bodegas, 1973; Peck, 1998 y Rodríguez *et al.* 2003.

La duración de la fase ninfal depende de la especie de salivazo y de las condiciones ambientales, observándose que bajo condiciones de invernadero con temperatura de 26 °C y humedad relativa de

80-90%, las ninfas de *Zulia colombiana* desarrollan en un promedio de 45 días con un rango de 34 a 57 días. (CIAT, 1982). En el Cuadro 3 se presenta la duración de la fase ninfal de *P. simulans*.

Cuadro 3. Duración (días) de la fase ninfal de (A) *Aeneolamia reducta*, (B) *Aeneolamia lepidior* y (C) *Prosapia simulans*

Especie	Parametro	Instar					
		I	II	III	IV	V	Total
A	Promedio	5.9	5.4	5.3	4.8	4.5	26.1
	Rango	(5 - 7)	(5 - 6)	(4 - 7)	(4 - 6)	(4 - 5)	(24 - 28)
B	Promedio	6.6	7.3	6.7	6.7	8.2	35.4
	Rango	(5 -10)	(4 - 11)	(4 - 10)	(4 - 9)	(7 - 11)	(27 -40)
C	Promedio	6.75	7.54	9.30	10.04	13.14	45.59
	Rango	(5 - 11)	(4 - 13)	(5 - 17)	(5 - 14)	(10 - 20)	(35 - 57)

Adaptado de Peck *et al.* 2003a; Rodríguez *et al.* 2003.

### 2.3.3 Adulto

El adulto presenta inicialmente un color blanco y permanece inmóvil durante varias horas dentro de la masa espumosa. Al contacto con el aire, el cuerpo y las alas van adquiriendo lentamente su coloración normal por oxidación de sus pigmentos (CIAT, 1982)

El macho de *Aeneolamia* sp. mide de 7 a 8 mm de largo y la hembra es ligeramente más grande, sus dimensiones son de 8 a 9 mm de largo y de 5 a 6 mm de ancho. El cuerpo tiene una forma oval, la cabeza es de color obscuro o negro brillante, tiene ojos simples (ocelos) muy cercanos uno del otro, aparte de los ojos compuestos que se encuentran desarrollados. Las antenas están formadas por tres segmentos, el último es muy corto y está provisto de dos cerdas. Las alas anteriores (superiores o primer par de alas) son más gruesas que las inferiores, tienen color café oscuro y en algunas especies las atraviesan dos bandas transversales de color amarillo claro, las alas inferiores son de consistencia membranosa. Las patas son de color obscuro, el abdomen esta formado por nueve segmentos visibles, los dos primeros se encuentran reducidos. El tiempo promedio de vida del adulto es variable dependiendo de la especie; para *Prosapia simulans* el promedio es de 16.5 días y la duración por sexo es de 15.3 días para machos y 17.9 días para las hembras (Rodríguez *et. al.* 2003).

## **2.4 Reproducción y sitios de oviposición del salivazo**

Bajo condiciones de laboratorio se observó que las hembras una vez emergidas de la masa de espuma están receptivas a la copulación. En las primeras 72 horas copularon hasta tres veces con un promedio de 1.4 veces (Peck *et al.* 2003).

El número de huevos que una hembra puede ovipositar es variable y se cuenta con reportes de 22 hasta 300 huevos. Los huevos son de dos tipos: diapáusicos y no diapáusicos. La mayor parte de los huevos diapáusicos son depositados en los primeros 2 cm del suelo, permaneciendo en este estado durante todo el periodo de sequía hasta el inicio de las lluvias. En ese momento, los huevos en estado de diapausa o “hibernación”, eclosionan y aparecen las primeras ninfas, que después de cinco mudas dan origen al insecto adulto, el cual emerge del interior de la baba. Los huevos no diapáusicos emergen poco tiempo después de la oviposición (10 a 20 días).

En zonas en donde el régimen de lluvias es intenso (2500 mm/año o más), pueden presentarse hasta cinco generaciones del insecto por año, las cuales pueden traslaparse, haciendo más complicado su control.

Los huevos son ovipositados cerca o entre las raíces de los pastos, enterrados a 1 ó 2 cm de profundidad, también pueden ser ovipositados sobre la superficie del suelo o sobre los estolones y residuos vegetales que se encuentran en contacto con el suelo. Cuando la hembra entierra los huevos, los oviposita con el polo anterior hacia arriba para facilitar la salida de la ninfa. Las hembras pueden penetrar en las grietas y ovipositar a mayor profundidad (CIAT, 1982). En estudios realizados con *Aeneolamia reducta* y *A. lepidior* se encontró que aproximadamente el 90.4% de los huevos fueron ovipositados en el suelo, 8.2% en hojarasca y 1.4% sobre lámina foliar (Peck *et al.* 2003).

## **2.5 Patrones de comportamiento y distribución espacial del salivazo**

Las ninfas del salivazo permanecen estáticas y cubiertas por la espuma que forman en las raíces y en los tallos de las plantas. Los adultos tienen vida libre y buena capacidad de movilidad, son malos voladores y se desplazan principalmente mediante saltos; no se tiene reportes de que recorran grandes distancias, pero se estima que pueden recorrer hasta 140 m durante su vida adulta (Coronado, 1978); su mecanismo de defensa es la habilidad de saltar, apoyados por el aposematismo y un mecanismo de defensa denominado autohemorragia (Peck, 2000; Rodríguez *et al.* 2003).

La dinámica poblacional del salivazo está influenciada principalmente por condiciones climáticas. Los primeros insectos aparecen pocos días después del inicio de las lluvias y se prolongan durante todo el periodo lluvioso, apareciendo picos de ninfas y adultos de manera escalonada y superpuestas; se pueden presentar muchas generaciones por año si existen condiciones de mucha humedad en el suelo, o cuando existe mal drenaje. La humedad es un factor que favorece a la plaga (Vargas, 1970; Guagluimi, 1972; Fontes *et al.* 1995; Martin *et al.* 1995). En la Figura 2 se presenta gráficamente el comportamiento poblacional de ninfas de *Deois flavopicta* en el Distrito Federal de Brasil (Fontes *et al.* 1995), donde se aprecia que el comportamiento poblacional de las ninfas esta estrechamente relacionado al patrón de las lluvias.

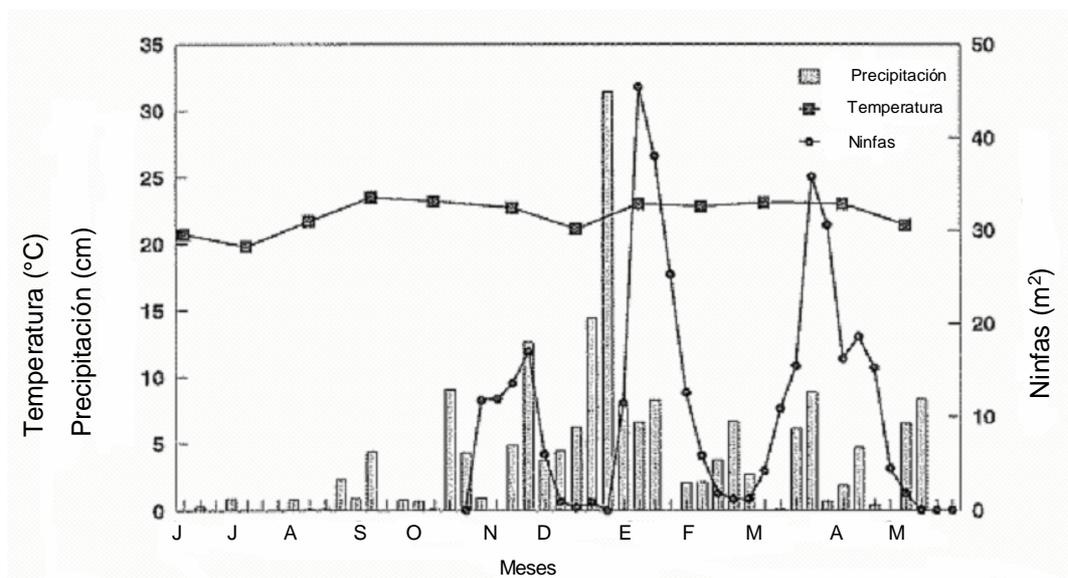


Figura 2. Promedio mensual de temperatura, promedio semanal de precipitación (1973-1993), y fluctuación poblacional de ninfas de *D. flavopicta*

## 2.6 Daños causados sobre las pasturas e importancia económica del salivazo

El salivazo de los pastos es un insecto chupador que se alimenta exclusivamente de la savia de las plantas que extraen del xilema. Las ninfas se alimentan en las raíces superficiales y en los tallos en la base de la planta, por lo que cuando se presentan infestaciones altas causan estrés hídrico, retrasando el crecimiento de la planta y por lo tanto la producción de biomasa (Rodríguez, 1979). Los adultos se alimentan exclusivamente de la parte aérea en las láminas foliares y tallos de la planta. El insecto clava su estilete para succionar la savia en forma continua, interrumpiendo solo al

cambiar su sitio de alimentación, picando continuamente sitios adyacentes y extrae grandes cantidades de savia; el exceso de líquido lo secreta por el ano en forma de pequeñas gotas, por lo cual también se le conoce vulgarmente como mión o meón. Al succionar la savia inoculan enzimas aminolíticas y oxidantes provocando una fitotoxemia en la planta (Byers y Wells, 1966). El estado patológico se manifiesta en pocos días, con la aparición de manchas lineales cloróticas, que paulatinamente se tornan amarillas y luego necróticas; como consecuencia de esto disminuye la capacidad fotosintética de las plantas, afectando el crecimiento de las pasturas y consecuentemente la producción de materia seca. Cuando se presentan infestaciones altas, los pastizales presentan un panorama denominado “quema de los pastos” en plena época de lluvias. El pasto en estas condiciones presenta baja calidad nutricional y es afectada la palatabilidad, por lo que el ganado rechaza las plantas afectadas, situación que ocurre en plena época de lluvias (CIAT, 1982).

Los daños causados por los adultos de salivazo en los pastos es proporcional a su población y en infestaciones moderadas causan disminución del contenido de nutrimentos y calidad de forraje, y en infestaciones severas causan el secamiento del follaje también conocido como “quema de los pastos” (CIAT, 1982).

La ganadería bovina en América tropical se basa principalmente en el uso de los pastos como alimento. Muchos de los pastos utilizados comunmente son atacados por la plaga del salivazo, sin embargo, se cuenta con información limitada del impacto económico que causa, ya que es muy variable y depende de la intensidad del ataque. Algunas estimaciones indican que los daños pueden resultar en pérdidas que varían desde un 15% hasta el 100% de la producción de forraje, con los efectos sobre la producción de carne y leche (Alves, 1986)

Holmann y Peck (2002) estimaron el impacto económico del salivazo a través de un modelo de simulación en sistemas de producción de doble propósito con pasto *B. decumbens* en dos ecosistemas: trópico seco y trópico húmedo; consideraron tres densidades de salivazo 10, 25 y 50 adultos/m<sup>2</sup> (infestación baja, moderada y alta, respectivamente) y tres niveles de área de la finca infestada (25, 50 y 100%, como baja, intermedia y alta, respectivamente) y determinaron el impacto sobre la carga animal, producción de carne y leche, costos de producción y el ingreso neto. La carga animal en pastizales no infestados, fue mayor en el trópico húmedo que en el trópico seco (1.16 vs 0.98 UA/ha) pero disminuyó drásticamente en ambos ecosistemas (de 1.16 a 0.59-0.72 UA/ha en el trópico húmedo y de 0.93 a 0.46-0.57 UA/ha en el trópico seco, dependiendo del área de finca afectada). La reducción en producción de leche y carne varió entre 38 y 50%. Todo esto tuvo un efecto directo sobre los costos de producción, incrementándolos entre el 18 y 30%. El ingreso neto fue afectado fuertemente, disminuyendo en 67-100%, lo que indica que los sistemas de producción

pueden tener problemas de viabilidad económica en el largo plazo a consecuencia de las altas infestaciones del salivazo.

## **2.7 Control y manejo del salivazo**

La estabilidad ecológica y la autorregulación son características de los ecosistemas naturales que se pierden cuando el hombre modifica las comunidades naturales, mediante el establecimiento de monocultivos extensos generalmente con plantas genéticamente similares o idénticas y seleccionadas por su mayor palatabilidad. Las especies de pasturas cultivadas junto con las condiciones climáticas prevalecientes en América tropical ofrecen condiciones favorables para el desarrollo del complejo salivazo, por esta situación no es fácil el control de la plaga. Generalmente se recurre al control químico del salivazo, pero es antieconómico cuando se tiene que aplicar en grandes extensiones debido a la baja efectividad sobre las ninfas y el elevado número de aplicaciones. Además, ello ocasiona contaminación ambiental así como posible presencia de residuos en carne y leche. También se debe tomar en cuenta la eliminación de fauna silvestre y de insectos benéficos y depredadores, por lo que una medida aislada no es suficiente para controlar el salivazo y se requiere utilizar los diversos métodos de control disponibles: control cultural, control químico, resistencia genética y control biológico (Alves, 1986).

### **2.7.1 Control cultural**

#### **Pastoreo**

En investigaciones realizadas en diferentes tipos de pasto se determinó que las poblaciones de salivazo fueron más bajas en parcelas pastoreadas, manteniendo el pasto entre 10 a 20 cm de altura que en parcelas sin pastoreo (Coronado, 1978). Esto se puede lograr con un adecuado establecimiento y mantenimiento de los pastos, así como con establecimiento de divisiones de potreros (Alves, 1986). En pasturas de *Brachiaria decumbens* aumentando intensidades de pastoreo altas y de corta duración, se observó una disminución temporal de ninfas de salivazo (Hewitt, 1988; Lapointe, 1993; Valério y Koller, 1993). Es posible que el control sea más por efecto de las condiciones climáticas que por el mismo efecto del pastoreo, ya que en el área de experimentación se observó la presencia de la plaga aún cuando la pastura tenía altura menor del 15 cm.

## **Chapeo**

En parcelas con pasto pangola afectado por altas poblaciones de ninfas, el chapeo entre 10 y 20 cm de altura, redujo la población de ninfas con respecto de las parcelas sin chapeo (Coronado, 1978). Resultados similares fueron obtenidos en pasto kikuyo (Icaza, 1974).

## **Quema**

La quema es una práctica común que realizan los productores de ganado. En un experimento realizado con pasto pangola, en el cual se evaluaron parcelas quemadas y parcelas sin quemar; se encontró que el número de ninfas fue inferior en las parcelas quemadas, pero después de algún tiempo la población alcanzó niveles semejantes a las parcelas sin quemar (Coronado, 1978). Cerca del área experimental se observó un área recién quemada y con ninfas activas, lo que indica que el fuego no afecta todos los huevos.

### **2.7.2 Control químico**

Uno de los métodos de control utilizado ampliamente por la facilidad de adquisición de productos en el mercado es el uso de insecticidas. Este método de control de plagas ha traído consecuencias sobre el ambiente, la salud de los trabajadores y ha provocado que cada vez el control de esta plaga sea más difícil al desarrollar resistencia a insecticidas debido al elevado número de aplicaciones (Evans, 1972). En diversos estudios se ha encontrado que la aplicación de insecticidas químicos disminuyó la población de ninfas del salivazo, pero al hacer esto los pastos pueden presentar problemas de toxicidad al ganado y presencia de residuos de los químicos en carne y leche (Pass y Reed, 1965; Coronado, 1978; Lecuona, 1996).

### **2.7.3 Resistencia genética**

El uso de especies de plantas resistentes al ataque de insectos plaga es económica, ecológica y ambientalmente benéfico. En lo económico porque el rendimiento de los cultivos se salva de las pérdidas causadas por los insectos plagas y se ahorra dinero al no utilizar insecticidas que hubieran sido aplicados a variedades susceptibles. Los beneficios ecológicos y ambientales surgen del aumento en la diversidad de especies en el agroecosistema y por la reducción en el uso de insecticidas (Cardona y Sotelo, 2005). El aumento en la diversidad de especies aumenta la estabilidad del ecosistema lo cual promueve un sistema más sostenible. Se han desarrollado investigaciones sobre accesiones de gramíneas forrajeras resistentes o tolerantes a salivazo (Ferrufino, 1987; Lapointe *et al.* 1992; Valério *et al.* 1997) y mejoramiento genético llevado a cabo

por el Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), en la que han obtenido accesiones con cierto grado de tolerancia (Rivas y Holmann, 2004).

Painter (1958) definió tres categorías de resistencia de las plantas a los insectos plaga que denominó: antibiosis, tolerancia y no-preferencia o antixenosis.

**Antibiosis** es una resistencia de la planta que afecta la biología del insecto de modo que la abundancia de la plaga y el daño se reducen en comparación con el que sufriría una variedad susceptible. La resistencia por antibiosis resulta en un aumento de la mortalidad o reducción en la longevidad y reproducción del insecto. Representa aquellas características físicas o químicas de la planta que actúan en contra de la biología del insecto.

**Antixenosis** es una resistencia que afecta el comportamiento de un insecto plaga y usualmente se expresa como no preferencia del insecto por una planta resistente en comparación a una planta susceptible. Incorpora aquellas características que hacen que la planta no sea preferida por el insecto cuando se compara con variedades susceptibles o preferidas. Cuando el insecto consistentemente "rechaza" una variedad se dice que es antixenótica.

**Tolerancia** es una resistencia en la cual una planta es capaz de resistir o se puede recuperar del daño causado por una abundancia del insecto plaga igual a la que dañaría una planta susceptible. La tolerancia es la respuesta de una planta a un insecto plaga. Por lo tanto, la resistencia por tolerancia difiere de la resistencia por antibiosis y antixenosis en cómo afecta la relación entre el insecto y la planta. La resistencia por antibiosis y antixenosis causan una respuesta del insecto cuando trata de usar la planta resistente para alimento, oviposición, o refugio.

Se reportan dos híbridos con resistencia genética a Cercópodos por el mecanismo de antibiosis que son CIAT-6292 ("Marandú") y CIAT-36062. Sin embargo, el grado de antibiosis es variable para diferentes especies de salivazo (Lapointe *et al.* 1992; Miles *et al.* 1995; Cardona *et al.* 2000; Cardona *et al.* 2004).

#### **2.7.4 Control biológico**

Una de las razones más importantes para restaurar y/o mantener la biodiversidad en la agricultura, es que presta una gran variedad de servicios ecológicos. Uno de estos servicios es la regulación de la abundancia de organismos indeseables a través de la depredación, el parasitismo y la competencia (De Menezes *et al.* 1983). En este sentido, la aplicación del control biológico por medio de entomopatógenos puede ser considerada como una estrategia válida para restaurar la biodiversidad funcional en ecosistemas agrícolas, utilizando las siguientes alternativas: introducción y

colonización; liberación inoculativa; liberación inundativa y manejo del agroecosistema (Lecuona, 1996).

#### **2.7.4.1 Introducción y colonización**

Es el establecimiento del microorganismo patógeno donde no se encontraba dentro de la población del hospedante, obteniendo como resultado un control más o menos permanente de la plaga. La introducción de un microorganismo exótico se puede lograr por aspersiones del patógeno o por la introducción de insectos contaminados, lo que se conoce como autodiseminación.

#### **2.7.4.2 Liberación inoculativa**

Está enfocada a la liberación de un entomopatógeno pero limitada a una estación o ciclo anual, donde se desea aumentar la cantidad de inóculo de un patógeno ya presente en el área, con la finalidad de inducir una epizootia, aunque en algunos casos, después de algunos años puede lograr establecerse en el agroecosistema.

De manera general las epizootias naturales se presentan en el agroecosistema después de que los insectos han causado daño considerable al cultivo. Para subsanar este desfase entre el daño y la fase de epizootia, los entomopatógenos pueden ser liberados en forma temprana, cuando la población hospedante es aún baja, ya sea durante la primera generación o aprovechando la presencia de otras especies susceptibles al patógeno.

#### **2.7.4.3 Liberación inundativa**

Esta alternativa consiste en la aplicación de un patógeno en el agroecosistema para aumentar fuertemente su población y obtener un efecto en muy corto tiempo, independiente de la densidad de la población hospedante. No se busca que el microorganismo se establezca y se recicle en el hábitat. El efecto buscado es similar al de un insecticida químico. Generalmente el entomopatógeno es utilizado en dosis mayores y más eficientes que las que se emplearían para las dos situaciones anteriores.

#### **2.7.4.4 Manejo del agroecosistema**

Se consideran aquellas prácticas agronómicas y manejo del inóculo que se pueden realizar para favorecer la permanencia de un patógeno o la inducción de epizootias en el área. Los factores que deben ser considerados son: radiación solar, temperatura, humedad, el sustrato (suelo o follaje), variedad del cultivo, fecha y espaciamiento de siembra, productos químicos, etc.

## 2.8 Uso de hongos entomopatógenos en el control de salivazo

El empleo de hongos entomopatógenos en el campo comenzó a fines del siglo XIX, sin embargo, en Brasil fue a partir de 1964, después de la aparición epizootica de *Metarhizium anisopliae* sobre Cercópidos de la caña de azúcar es que adquirió importancia su estudio por parte de los investigadores. Se ha aplicado este entomopatógeno hasta en 100.000 ha/año de caña de azúcar para el control de *Mahanarva posticata* (Lecuona, 1996). Es variable la dosis de hongo entomopatógeno utilizado para el control del salivazo en pastizales (Alves, 1986) recomienda una dosis mínima de  $5 \times 10^{12}$  conidios/ha, mientras que Gómez (2002) recomienda que la primera aplicación sea de  $1.5 \times 10^{12}$  conidios/ha y las siguientes aplicaciones de  $0.625 \times 10^{12}$  y efectuar 2 a 3 aplicaciones/año. En Costa Rica se aplica *Metarhizium* en el cultivo de caña de azúcar para el control del salivazo (*Aeneolamia* spp. y *Prosapia* spp.) con dosis de 2.5 a  $5 \times 10^{12}$  conidios/ha (Carballo y Falguni, 2004; DIECA, 2004).

Este hongo se encuentra en la naturaleza, en rastros de cultivos, estiércol, en el suelo, las plantas, etc., logra buen desarrollo en lugares frescos, húmedos y con poco sol. Los hongos entomopatógenos constituyen el grupo de mayor importancia en el control biológico de insectos plaga, principalmente en los chupadores o succionadores ya que estos no pueden ingerir patógenos que infectan a través del tracto digestivo (Hajek y Leger, 1994).

*M. anisopliae* ataca naturalmente más de 300 especies de insectos de diversos órdenes. Entre las plagas afectadas por este hongo se encuentra el salivazo de la caña de azúcar (*Aeneolamia varia*), y chinches plagas de diversos cultivos. Los insectos muertos por este hongo son cubiertos completamente por micelio, el cual inicialmente es de color blanco pero se torna verde cuando el hongo esporula (Sandino, 2003).

Debido a las características de la especie y/o de la cepa, ámbito de hospedantes, patogenicidad, virulencia y condiciones ambientales, existen cepas específicas utilizadas para el control de diferentes plagas.

### 2.8.1 Ciclo de vida de *Metarhizium anisopliae*

En general los hongos entomopatógenos desarrollan las siguientes fases sobre su hospedante: germinación, formación de apresorios, formación de estructuras de penetración, colonización y reproducción.

El proceso se inicia cuando la espora o conidia se adhiere a la cutícula del insecto, luego desarrolla un tubo germinativo y un apresorio, con éste se fija en la cutícula y con el tubo germinativo o haustorio (hifa de penetración) se da la penetración al interior del cuerpo del insecto. La germinación ocurre aproximadamente a las 12 horas post-inoculación y la formación de apresorios se presenta de 12 a 18 horas post-inoculación (Vicentini y Magalhaes, 1996). En la penetración participa un mecanismo físico y uno químico, el primero consiste en la presión ejercida por la estructura de penetración, la cual rompe las áreas esclerosadas y membranosas de la cutícula. El mecanismo químico consiste en la acción enzimática, principalmente proteasas, lipasas y quitinasas, las cuales causan descomposición del tejido en la zona de penetración, lo que facilita el ingreso del hongo. Después de la penetración, la hifa se ensancha y ramifica dentro del tejido del insecto, colonizando completamente la cavidad del cuerpo del insecto, esto sucede en 3 ó 4 días después de la inoculación. A partir de la colonización se forman pequeñas colonias y estructuras del hongo, lo que corresponde a la fase final de la enfermedad del insecto, ocurre 4 ó 5 días después de la inoculación (Hajek y Leger, 1994).

Otra forma mediante la cual el hongo puede causar la muerte del insecto, es mediante la producción de toxinas. Los hongos entomopatógenos tienen la capacidad de sintetizar toxinas que son utilizadas en el ciclo de la relación patógeno-hospedante. Entre estas toxinas se han encontrado dextruxinas, demetildextruxina y protodextruxina, las cuales son sustancias de baja toxicidad, pero de mucha actividad tóxica sobre insectos, ácaros y nematodos (Sandino, 2003). Las destruxinas afectan varios organelos tales como mitocondria, retículo endoplásmico y membrana nuclear, paralizando las células y causando disfunción del intestino, túbulos de Malpighi, hemocitos y tejido muscular. La esporulación ocurre en 2 a 3 días, dependiendo de las condiciones de temperatura y humedad relativa del ambiente.

La infección por el entomopatógeno puede ser afectada principalmente por la baja humedad relativa y por la falta de habilidad para utilizar los nutrientes disponibles sobre la superficie de la cutícula ó por la falta de factores necesarios para el reconocimiento de un hospedero susceptible o sitio de infección penetrable. El reconocimiento de un hospedero susceptible involucra signos químicos y topográficos. También puede fracasar la invasión del hongo por la presencia de compuestos inhibitorios tales como fenoles, quinonas y lípidos en la superficie de la cutícula (Hajek y Leger, 1994).

Los síntomas que causan los entomopatógenos son variables: las ninfas disminuyen sus movimientos, disminuyen la producción de espuma y pueden abandonar los lugares de ataque. Los adultos infectados presentan movimientos lentos, no se alimentan, reducen su radio de vuelo y las

hembras no ovipositan. Pueden morir en lugares distantes de donde fueron contaminados. El ciclo total de la enfermedad es de 8 a 10 días. Después de la muerte, los individuos presentan un crecimiento micelial blanco seguido por la típica esporulación verde. En algunas ocasiones no se presenta la esporulación sobre el tegumento, solamente se ve la presencia de micelio y se debe a condiciones inadecuadas de humedad durante el proceso de esporulación (Lecuona, 1996).

### **2.8.2 Acción de *Metarhizium anisopliae* sobre la población del salivazo**

El inóculo inicial proviene de las aplicaciones del hongo o de propágulos del patógeno que sirven para contaminar las primeras ninfas o adultos. El inicio de la enfermedad en los insectos se presenta con la migración de adultos contaminados en los cuales después de muertos ocurre la esporulación del hongo, siendo los conidios dispersados por el agua de lluvia, rocío o viento hacia otras partes de la planta, principalmente las inferiores. Esto permite que las ninfas en su trayecto de búsqueda o cambio de sitio de alimentación se expongan a la contaminación del hongo, y además, la abundante espuma de las ninfas crea un ambiente favorable para el patógeno. Las ninfas muertas forman el foco primario de la enfermedad, y a partir de aquí, algunos adultos contaminados diseminan la enfermedad a otras áreas. La fase ninfal del salivazo es más susceptible al hongo y tiene mayores oportunidades de contaminación. A partir de aquí se forman los focos secundarios y como consecuencia, la enfermedad tiene carácter epizootico, atacando a la población del salivazo (Lecuona, 1996).

### **2.8.3 Factores que influyen en el establecimiento y acción de hongos entomopatógenos**

Los factores ambientales cumplen una función esencial en la iniciación y desarrollo o en la prevención y supresión de las epizootias naturales afectando las condiciones fisiológicas del hospedante, su densidad y distribución espacial y temporal. Forman un complejo de factores que interactúan entre sí y entre otros componentes del ambiente, siendo los más estudiados la temperatura y humedad relativa. El mayor problema es que pocos estudios se refieren al microclima del cultivo que es el que directamente influye sobre los patógenos. A diferencia de las condiciones constantes en el laboratorio, en el agroecosistema se presentan situaciones normalmente fluctuantes del conjunto de factores climáticos. Esto explica la complejidad del tema y las múltiples interacciones posibles como para poder cuantificar, con más precisión, el efecto del microclima natural sobre los entomopatógenos (Lecuona, 1996).

Los principales factores ambientales que afectan la eficiencia de los hongos entomopatógenos como agentes de control biológico son: humedad relativa, temperatura y brillo solar.

### 2.8.3.1 Humedad Relativa (HR)

La humedad relativa es un factor de gran importancia, tanto para el hospedante como para el patógeno. Es indispensable en las diferentes fases del ciclo de las relaciones entre ambos organismos. Tiene efecto sobre la germinación, penetración y para la reproducción de los hongos entomopatógenos. La falta de humedad relativa adecuada puede perjudicar una epizootia (Lecuona, 1996).

Se requiere de humedad relativa alta para la germinación del hongo entomopatógeno *Metarhizium anisopliae*. El estudio de Walstad *et. al.* 1970, indica que la mayor germinación ocurre al 100% de humedad relativa y disminuye a 0 al 85% de HR (Cuadro 4). Niveles altos de HR son necesarios para la esporulación. A un nivel de HR del 100% la esporulación ocurrió en cuatro días, pero a una HR de 92.5% fueron necesarios cinco o más días, mientras que la esporulación fue inhibida con humedad relativa menor del 90% (Nirula, 1957; Schaerfenberg, 1964; Walstad *et. al.* 1970; Ferron, 1978, Sosa-Gómez y Alves 2000).

Cuadro 4. Influencia de la humedad relativa sobre la germinación de esporas de *Metarhizium anisopliae* y de *Beauveria bassiana* a 25 °C después de 24 horas.

Humedad Relativa (%)	<i>M. anisopliae</i>	<i>B. bassiana</i>
75.5	0	0
85.0	0	0
92.5	25.5	0
97.5	49.5	17.0
98.0	50.5	41.0
100.0	57.0	86.5

Adaptado de Walstad *et. al.* 1970.

### 2.8.3.2 Temperatura (T)

La temperatura puede afectar la estabilidad de los patógenos en el almacenamiento, durante las aplicaciones en el campo y en su ocurrencia natural en el agroecosistema. Los entomopatógenos no poseen condiciones biológicas para defenderse de las grandes variaciones de temperatura, y puede ser limitante para varios microorganismos. El rango favorable de temperatura para los diferentes

grupos de entomopatógenos varía entre 20 y 30 °C, sin embargo, existe una temperatura ideal para cada patógeno y para cada fase del ciclo de la relación con su hospedante. La temperatura es uno de los factores abióticos más importantes para los hongos entomopatógenos, debido a que puede afectar la germinación de las esporas, el desarrollo y penetración del tubo germinativo y la colonización y reproducción. Los requerimientos térmicos de los hongos entomopatógenos son variables en función de la especie, cepa y fase de desarrollo. El desarrollo de las enfermedades fúngicas en los insectos puede ser perjudicado por temperaturas superiores a 30 °C (Lecuona, 1996).

Las esporas de hongos entomopatógenos germinan a temperaturas entre 15 y 35 °C, siendo el rango óptimo entre 25 y 30 °C, y se requieren cuatro días para la esporulación de *Metarhizium anisopliae*. La esporulación es inhibida a temperaturas inferiores de 10 °C y superiores a 35 °C (Nirula, 1957; Schaerfenberg, 1964; Walstad *et. al.* 1970; Ferron, 1978, Sosa-Gómez y Alves 2000).

### **2.8.3.3 Radiación solar (RS)**

Para evaluar el efecto de la radiación solar sobre los patógenos y sobre la ocurrencia de las enfermedades es necesario considerar los siguientes aspectos: espectro de luz visible con sus diferentes longitudes de onda (luz verde, amarilla, azul, etc.), fotoperiodo y faja de luz ultravioleta germicida (Lecuona, 1996). La exposición a la luz ultravioleta puede ser letal para los conidios de los patógenos (Alves, 1986).

Steinhaus (1949) citado por Nirula (1957) observó que el crecimiento y esporulación de los hongos es retrasado por la radiación solar y que la nubosidad tiene un papel importante en el desarrollo de las epizootias causadas por hongos entomopatógenos.

### **2.8.3.4 Suelo**

El suelo puede abrigar tanto a los insectos como a los entomopatógenos y es un ambiente complejo donde los microorganismos sufren la acción de los factores bióticos y abióticos, que dan como resultado una mayor o menor permanencia de acuerdo a las condiciones de campo. Los hongos entomopatógenos pueden vivir en el suelo por periodos variables. *M. anisopliae* después de parasitar insectos puede permanecer colonizando el cadáver por un periodo relativamente largo a la espera de un nuevo hospedante. La mayor parte de sus conidios difícilmente conseguirán sobrevivir por más de tres meses en los diferentes tipos de suelo.

### 2.8.3.5 Los agroquímicos y su efecto sobre los entomopatógenos

La susceptibilidad de los entomopatógenos a los agroquímicos puede variar de acuerdo con el grupo y cepa del patógeno, con la naturaleza química del producto y con la dosis empleada. Existen sustancias que son letales para los microorganismos, otras poseen efecto fungistático o bacteriostático y finalmente, productos que en dosis normales y/o subletales pueden favorecer su crecimiento, reproducción y virulencia. Esto demuestra la importancia de conocer la acción de los agroquímicos sobre las diferentes fases del desarrollo de los entomopatógenos (Alves, 1986; Lecuona, 1996).

## 2.9 Métodos y técnicas de muestreo para evaluar densidades de población de salivazo.

La información que se cuenta sobre técnicas de muestreo de salivazo en pastos son diferentes y depende de la fase de desarrollo que se desee muestrear: Huevos, ninfas o adultos.

Para huevos: se toman muestras de suelo de la base de las plantas con un marco metálico de 30 cm por cada lado y de 6 cm de profundidad. En el laboratorio se procede a lavar el suelo en tamices de 20, 40 y 60 mesh con agua (se recomienda utilizar una maya más fina 100 mesh) para obtener huevos de *Aeneolamia*. Posteriormente del tamiz más fino se recuperan los sólidos y se depositan en un embudo separador con solución salina al 25 o 30 %. Se deja decantar aproximadamente una hora y el sobrenadante se pasa por un papel filtro donde se recupera la fase sólida donde se encuentran los huevos, que son observados en un estereoscopio (Bodegas, 1973; DIECA, 2004).

Para ninfas: Las ninfas se cuantifican con un marco metálico de 50 cm por cada lado (Bianco, 1982), que es lanzado de manera aleatoria en diferentes puntos y se procede al conteo de las masas de espuma o “salivazos” que se encuentran dentro del marco (Bodegas, 1973). En el Cuadro 5 se presentan los grados de infestación.

Cuadro 5. Grados de infestación de ninfas de salivazo

Intensidad	Ninfas/m <sup>2</sup>	Ninfas/m <sup>2</sup>	Ninfas/m <sup>2</sup>
Incipiente	5	-----	<1
Leve	10	-----	1 – 15
Media	20	15	16 - 20
Fuerte	30	-----	> 20

Adaptado de Coronado y Sosa, 1966; Velasco *et. al.* 1972; Bodegas, 1973)

Para adultos: Estos se cuantifican con una red entomológica con un diámetro de 30 o 40 cm y un cono de aproximadamente 60 cm. El número de pases o barridas con la red es variable 10, 20, 25, 50 o 100 pases por transecto de muestreo. En el Cuadro 6 se presentan los grados de infestación de adultos.

Cuadro 6. Grados de infestación de adultos de salivazo

Intensidad	Adultos/ 100 redadas	Adultos/ m <sup>2</sup>	Adultos/redazo
Incipiente	1 – 5	-----	< 0.5
Leve	6 – 25	10	0.5 – 1
Media	26 – 50	25	1 – 2
Fuerte	51- 100	50	2 – 4
Muy fuerte	>100	-----	> 4

Adaptado de Coronado y Sosa, 1966; Bodegas, 1973; Holmann y Peck, 2002).

El tamaño de las unidades experimentales varían entre 36 m<sup>2</sup> (Icaza, 1974), 40 m<sup>2</sup> (Miranda y Kawamura, 2003) y 100 m<sup>2</sup> (Gómez, 2002), la frecuencia de muestreo con fines experimentales se hacen una vez por semana, cada 15 días o en forma mensual.

## 2.10 Pasto *Brachiaria decumbens*

El pasto *Brachiaria decumbens* es una gramínea perenne, de hábito decumbente, crecimiento amacollado, produce bastante masa verde y puede alcanzar hasta 1m. de altura; sus hojas llegan a medir 40 cm de largo y 2 cm de ancho son recubiertas por pelos finos y cortos. Presenta inflorescencia racimosa, conteniendo 2 a 4 racimos laterales con doble fila de semillas. Es de rápido establecimiento y recuperación, desarrolla bien en terrenos arenosos y arcillosos, de profundidad razonable y bien drenados, libres de encharcamiento. Soporta baja fertilidad y elevadas concentraciones de aluminio, además presenta buena respuesta a la fertilización, principalmente nitrogenada. Compite muy bien con las malezas, debido a su agresividad y hábito de crecimiento (cubre el suelo en más o menos 90 días). Resiste bien el pisoteo, soportando cargas animal de 2 a 3 cabezas/ ha/año. Su resistencia al fuego es muy buena así como a la sequía, aunque prefiere las áreas tropicales húmedas, donde la estación seca no sea superior a los 5 meses; se mantiene verde por un periodo largo durante la sequía. Su resistencia al encharcamiento es baja y es susceptible a la mosca pinta o salivazo. Su potencial de producción de materia verde es de unas 45 ton/ha/año y de 12-18

toneladas de materia seca por hectárea/año. Existe la posibilidad de ocurrencia de fotosensibilidad en becerros y no es consumida por equinos. Palatabilidad y digestibilidad excelentes. Proteína cruda de 9 a 12%. Para su manejo, se recomienda iniciar el pastoreo cuando tenga 80 cm. de altura y retirar el ganado a una altura de 20 cm. (SPSACV, 2001).

### 3 MATERIALES Y METODOS.

#### 3.1 Descripción del área de estudio

Este estudio se llevó a cabo en dos fincas ganaderas en el Caserío de Santa Rosita, Municipio de Dolores, Departamento de El Petén, Guatemala. Este Caserío forma parte del Área Piloto del Proyecto CATIE/NORUEGA-PD en la zona de El Chal/Dolores.

El departamento de El Petén se localiza en la parte norte de Guatemala, entre los paralelos 16° 2' y 17° 49' de latitud Norte, y entre los 89° 09' 22'' y 90° 15' 11'' longitud Oeste. La altitud media es de 127 msnm. El acceso es por un camino de terracería de aproximadamente 14 km, que conecta en la aldea de Colpetén con carretera asfaltada tramo Poptúm-Flores.

##### 3.1.1 Clima del área de estudio

Es un clima tropical con temperatura promedio anual de 26 °C, precipitación media anual de 1590 mm. Se definen dos periodos uno de verano o de sequía que va desde noviembre a abril y el periodo de invierno o lluvioso de mayo a octubre. Entre los meses de julio y agosto, se produce una disminución de lluvias conocido como “Canícula” (Figura 3). La humedad relativa es del 78%.

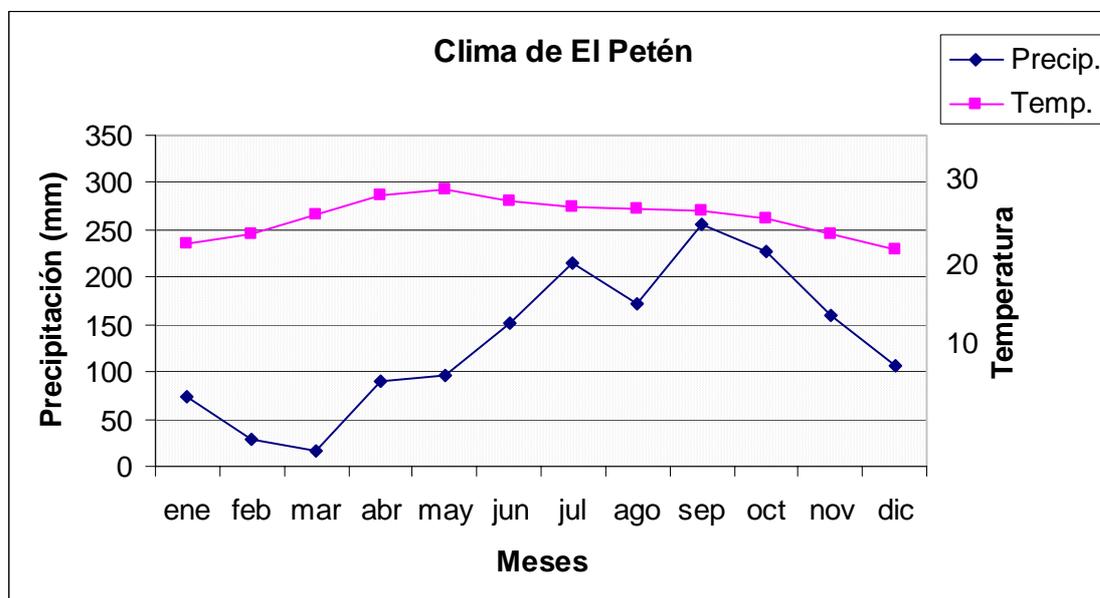


Figura 3. Gráfica de precipitación y temperatura de El Petén, Guatemala (1990-2000).

Fuente: INSIVUMEH.

### **3.1.2 Selección de fincas para la realización del experimento**

El experimento se llevó a cabo en dos fincas ganaderas establecidas con pasto *Brachiaria decumbens*, con buen estado de la pastura y con historial de ataque de salivazo, con paisaje de planicie. Estas fincas no han tenido hasta ahora antecedentes de aplicación de productos biológicos para el control del salivazo. El área de las fincas fue de 45 y 25 ha; la separación entre fincas es de aproximadamente 6 km. Una característica común de ambas fincas y en general de la mayoría en la región es que el tamaño de los potreros es de 10 a 15 ha y en muchos casos de mayor tamaño.

Se efectuó un monitoreo cada 15 días en distintos puntos seleccionados aleatoriamente desde el mes de abril, hasta detectar la aparición de ninfas y adultos de salivazo. Luego se procedió a establecer las unidades experimentales consistentes en parcelas cuadradas de 10 m x 10 m, separadas entre sí por 15 metros. Para garantizar independencia entre las unidades experimentales y para disminuir el efecto de borde se dejaron 2 m por cada lado, teniendo un área efectiva para los muestreos de 36 m<sup>2</sup> en cada unidad experimental. Se dejó una separación de 20 m o más entre las cercas perimetrales y el área experimental, la delimitación se hizo con estacas de madera de 40 cm de altura.

### **3.1.3 Cepas de *Metarhizium anisopliae* utilizados**

Inicialmente, se efectuó en el laboratorio de Fitoprotección del CATIE una prueba de selección de cepas utilizando 8 cepas de *Metarhizium anisopliae* las cuales fueron aplicadas sobre grupos de 20 insectos adultos de salivazo que fueron mantenidos en jaulas de 30x30x40 cm y pasto estrella como alimento. La aplicación del hongo se realizó por medio de un aerógrafo asperjando directamente sobre los insectos. Los insectos muertos se extrajeron diariamente y fueron colocados en cajas petri con papel filtro húmedo, para promover el desarrollo del hongo. Con base en el porcentaje de insectos con signos de la enfermedad (esporulados) y la mortalidad, se seleccionó la cepa PL-43, pese a que presentó una ligeramente menor mortalidad que las cepas 5/89 y NCP-2 (Figura 4); además, porque se ha utilizado con éxito en el control de salivazo en cultivo de caña de azúcar (DIECA, 2004).

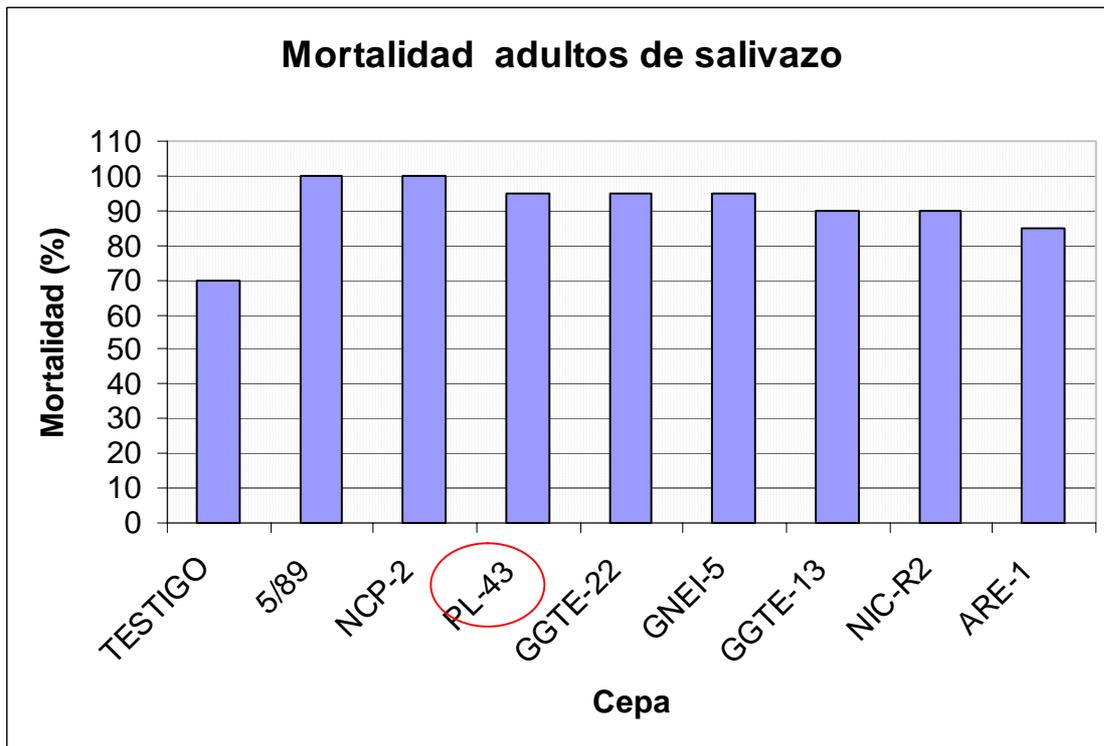


Figura 4. Prueba de cepas de *Metarhizium anisopliae* en laboratorio

Para el experimento en campo además de la cepa PL-43 se utilizaron 2 cepas disponibles a nivel comercial: una de Agrícola el Sol, S.A. de Guatemala, la MB/GC con presentación comercial en forma líquida y una de Costa Rica D0407, proveniente de DIECA y formulada en arroz seco. Se tuvo un tratamiento control que consistió en agua únicamente.

La dosis de hongo definido para el experimento fue de  $2.5 \times 10^{12}$  esporas/ha. El producto fue aplicado en dos formas: Convencional (C) utilizando aspersora manual con capacidad de 15 litros y un volumen de agua de 200 litros/ha y en bajo volumen (BV) utilizando aspersora de motor con capacidad de 12 litros y un volumen de agua de 60 litros/ha.

El agua disponible en el área de estudio es fuertemente alcalino, por lo que se corrigió agregando ácido acético (vinagre comercial) para ajustar a un pH de 6.5 a 7.0; además se agregó un adherente-dispersante no iónico (Surfacid) a razón de un ml/litro de agua en la aplicación convencional y dos ml/litro de agua para la aplicación en bajo volumen.

Se realizaron dos aplicaciones la primera se efectuó el 02 de julio y la segunda se hizo el 30 de julio, la aplicaciones se hicieron después de las 16:00 horas y en ambas aplicaciones, hubo presencia de lluvia, ya sea antes o después de la aplicación de las cepas de *Metarhizium*, asegurando la existencia

de humedad relativa alta. El producto fue aplicado únicamente en el área de cada unidad experimental. Se consideró como momento de hacer la primera aplicación de los productos biológicos cuando existía una población del salivazo de 20 ninfas/m<sup>2</sup> ó un adulto por pase de red. La altura del pasto fue variable a consecuencia del pastoreo y crecimiento, pero siempre estuvo entre 20 y 45 cm de altura.

### 3.1.4 Tratamientos evaluados

Con las cepas de *Metarhizium anisopliae* elegidas y la forma de aplicación se definieron los siguientes tratamientos.

Cuadro 7. Tratamientos evaluados.

Tratamiento	Cepas	Aplicación
1	PL43	C
2	D0407	C
3	AS-MB/GC	C
4	Control	C
5	PL43	BV
6	D0407	BV
7	AS-MB/GC	BV
8	Control	BV

## 3.2 Métodos estadísticos

### 3.2.1 Diseño experimental

Se utilizó un diseño de bloques completamente al azar (Steel y Torrie, 1993). Los bloques correspondieron a las fincas y los tratamientos asignados surgen de un arreglo factorial 4 x 2, de las tres cepas de *Metarhizium* más un control y de dos formas de aplicación de los productos. En la Finca 1 se tuvo tres repeticiones de cada tratamiento y en la finca 2 se tuvo cuatro repeticiones de cada tratamiento.

### 3.2.2 Modelo estadístico

$$Y_{ijkl} = \mu + \beta_i + P_j + A_k + PA_{jk} + \varepsilon_{ijkl}$$

Donde:

$Y_{ijkl}$  = Variable de respuesta

$\mu$  = Media general

$\beta_i$  = Efecto de i-ésimo bloque (Finca)

$P_j$  = Efecto del j-ésimo producto

$A_k$  = Efecto de la k-ésima forma de aplicación

$PA_{jk}$  = Efecto de la interacción producto x aplicación

$\varepsilon_{ijkl}$  = Error aleatorio independiente distribuido  $N(0, \sigma^2)$

### 3.2.3 Variables evaluadas

#### 3.2.3.1 Población de ninfas de salivazo

El conteo de ninfas se realizó mediante el uso de un marco metálico de 0.50 x 0.50 m, lanzándolo aleatoriamente en 4 ocasiones en cada unidad experimental, después de hacer el conteo de adultos. Los conteos se hicieron antes de la aplicación de los tratamientos y después de la aplicación se hizo a los 4 y 8 días. Posteriormente se hicieron mediciones semanales, durante un periodo de 4 meses.

#### 3.2.3.2 Población de adultos de salivazo

Con una red entomológica se efectuó dos series de 20 barridas o pases de red alrededor del centro de cada unidad experimental, cuantificando el número de adultos los cuales fueron liberados en el mismo sitio. Se hizo el conteo de adultos antes de aplicar los tratamientos y a los 4 y 8 días después de aplicados. Posteriormente se realizó cada 8 días.

#### 3.2.3.3 Producción de materia seca y proteína cruda

Para la determinación de materia seca, se utilizó un marco metálico de 0.5 x 0.5 m y se cosecharon tres muestras en cada unidad experimental, las cuales fueron pesadas en fresco y posteriormente se preparó una muestra compuesta de aproximadamente 250 g. Las muestras compuestas fueron secadas a 65 °C durante 24 horas y después enviadas al laboratorio de Nutrición Animal del CATIE para su análisis y determinación de proteína cruda y digestibilidad *in vitro* de materia seca (DIVMS).

### **3.2.4 Obtención de una cepa nativa de hongo entomopatógeno**

Se realizaron transectos en forma aleatoria en fincas con pastos susceptibles y sin antecedentes de aplicación de productos biológicos para el control del salivazo, hasta encontrar cadáveres de adultos del salivazo con signos de ataque de hongo entomopatógeno. Se colectaron insectos muertos y fueron enviados al laboratorio de Fitoprotección del CATIE para su aislamiento e identificación.

## 4 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1 Especies de salivazo existentes en el área de estudio

En el área de estudio se identificaron dos especies de salivazo coexistiendo. Las especies corresponden a *Aeneolamia albofasciata* y *Prosapia simulans*, en proporción del 95% y 5%, respectivamente.

Se estimó el pH de la masa de espuma o salivazo que forman las ninfas con papel tornasol determinando que es alcalino dando una coloración muy similar a 8.

### 4.2 Dinámica poblacional del salivazo en *Brachiara decumbens*

La aparición de ninfas de salivazo ocurrió aproximadamente de 15 a 20 días después de las primeras lluvias fuertes, observándose el primer pico de ninfas en la fecha 4 y otros en las fechas 8-9, 11 y 15, respectivamente. Entre el primer pico y el segundo transcurren varias semanas, esto es debido a un periodo de falta de lluvias, lo que provocó una interrupción en la eclosión de huevos, sin embargo, una vez que se establecieron las lluvias se mantuvo un nivel alto de ninfas Figura 5A. La población de adultos presentó un comportamiento similar al comportamiento de las ninfas, presentando 4 picos poblacionales.

El año 2005, presentó las condiciones ambientales de humedad y calor adecuadas para el brote explosivo de la plaga del salivazo, que son lluvia por la tarde o noche y todo el día de sol, siendo la incubadora ideal para que eclosionen los huevos que estuvieron en diapausa durante la temporada seca o verano además de los huevos ovipositados por las hembras de las primeras generaciones. Las condiciones ambientales que prevalecieron durante el periodo experimental (Figura 5B) fueron: temperatura promedio de 27.7 °C, humedad relativa 79.3% y precipitación de 692.08 mm.

La densidad poblacional del salivazo en el área de estudio está estrechamente asociada al patrón de comportamiento de la precipitación pluvial como se puede apreciar en las Figura 5. La temperatura y humedad relativa tienen un comportamiento de poca fluctuación durante el periodo de experimentación por lo que ambos factores parecen tener poco o ningún efecto sobre la densidad poblacional del salivazo. Resultados similares fueron obtenidos por otros autores, con diferentes especies de salivazo (Vargas, 1970; Lyra *et. al.* 1989; Silveira *et. al.* 1984; Fontes *et. al.* 1995; Salazar y Badilla, 1997; Peck *et al.* 2003b; Castro *et. al.* 2005). La eclosión de huevos es afectado por la falta de lluvia como se puede apreciar en las fechas 5 a 7 y mientras que el exceso de lluvia también repercute sobre la eclosión, esto se puede observar en las fechas 12-14 de la Figura 5A.

Observaciones similares son reportadas por Peck *et al.* 2003c y Castro *et al.* 2005. La eclosión de huevos es continua, en la mayoría de las fechas de muestreo. Así mismo se observaron masas de espuma de diferente tamaño, siendo predominante las de menor tamaño después de un periodo de sequía o de un periodo de intensas precipitaciones.

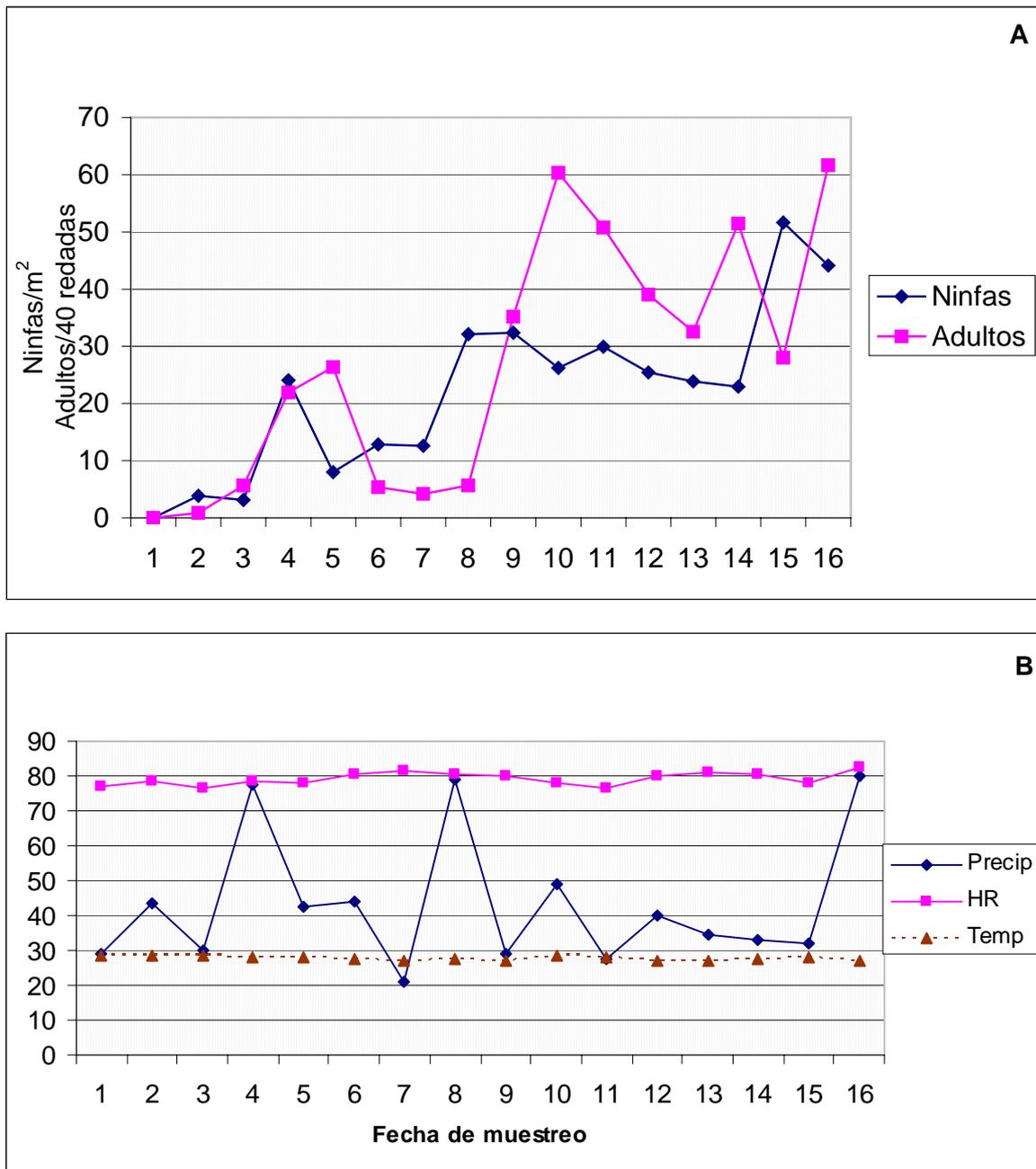


Figura 5. Fluctuación poblacional de ninfas y adultos de salivazo (A) y (B) comportamiento de humedad relativa (%), precipitación (mm) y temperatura en °C en la zona de estudio.

El efecto de la temperatura y humedad relativa sobre la planta es más importante ya que con elevadas temperaturas y baja humedad relativa hay mayor evapotranspiración que junto con la extracción de savia de la planta por las ninfas y adultos de salivazo provocan un estrés hídrico en la planta, causando su marchitamiento.

La densidad poblacional máxima que se encontró en el área de estudio fue de 64 ninfas/m<sup>2</sup>, superior al observado con otras especies de salivazo y pasto que fue de 45 ninfas/m<sup>2</sup> (Fontes *et al.* 1995) pero inferior a 246 ninfas/m<sup>2</sup> (Castro *et al.* 2005). Al comparar el nivel observado con el grado de infestación supera en un 100% el nivel tipificado por Coronado y Sosa (1966) como fuerte. En relación al número de ninfas, cabe señalar que no se efectuó un conteo estricto de las masas de saliva grandes, donde se observó más de una ninfa para este tamaño de saliva.

En el caso de los adultos se encontraron 68 adultos/40 redadas (1.7 adultos/redazo), superior a 60 adultos/50 redadas (1.2 adultos/redazo) reportado por Castro *et al.* 2005; Al comparar el nivel observado con el grado de infestación de adultos de salivazo (escala de Coronado y Sosa, 1966), este cae en el nivel de infestación de muy fuerte (> 1 adulto/redazo).

El manejo de las fincas fue simple, una finca fue quemada 2 años antes y con chapeo de malezas anualmente, no se realiza el control del salivazo, mientras que la otra finca tiene excelente control de malezas y el control de salivazo el año anterior se realizó con aplicación de químicos. El momento en que se realiza esta práctica es cuando el pasto presenta una apariencia de secamiento a causa de la alta infestación. La primera finca en el año 2004, tuvo un ataque severo de salivazo que causó el secamiento del pasto y en la segunda se logró evitar mediante la aplicación de químicos.

### **4.3 Los sistemas silvopastoriles y su relación con el salivazo**

Se realizaron observaciones en pastizales sin cobertura arborea, en plantaciones de pino con pasto *Brachiaria arrecta* y en un sistema silvopastoril con pasto *Brachiaria ruziziensis* con una densidad media de árboles de distintas especies. Se encontró que en pasturas sin cobertura arborea la especie de salivazo predominante fue *Aeneolamia albofasciata* mientras que la especie *Prosapia simulans* tuvo una presencia marginal; contrariamente, con la presencia de sombra por la cobertura arborea de los sistemas silvopastoriles la especie predominante fue *Prosapia simulans* y en forma marginal *Aeneolamia albofasciata*. Es posible que el cambio de especie predominante entre un sistema y otro sea debido a la diferencia de temperaturas, ya que en los sistemas silvopastoriles se ha reportado hasta 5 °C menos que en pastizales sin cobertura arborea (Pezo e Ibrahim, 1999). Sin embargo,

podrían estar involucrados también la humedad relativa y el sombreado que determina el nivel de radiación solar que son diferentes en pastizales sin cobertura arborea y con cobertura arborea, y pueden ser aprovechados para una u otra especie de acuerdo a sus requerimientos ambientales de adaptación.

En ambos sistemas se observó la presencia de arañas depredadoras de adultos del salivazo, aunque su efecto de control sobre la población de la plaga, no es significativo.

Se ha reportado que los sistemas silvopastoriles permiten la biodiversidad de avifauna que contribuye en el control de insectos, entre ellos el salivazo (Mahecha, 2002), sin embargo, esto no se logró observar en el área de experimentación y el ataque del salivazo fue agudo secándose el pasto tanto en pastizales sin cobertura arborea como en los sistemas silvopastoriles.

Se realizaron observaciones en pastizales sin cobertura arborea e independientemente del pasto establecido, la especie de salivazo predominante fue *Aenenolamia albofasciata*, mientras que con cobertura arborea y con sombra intermedia a alta la especie predominante fue *Prosapia simulans*. Además, en la medida en que fue avanzando el periodo de lluvias y las temperaturas eran menos elevadas fue más frecuente la aparición de *P. simulans* en pastizales sin cobertura arborea.

En el área de estudio se observa la densidad poblacional de salivazo más alta a partir del mes de julio, sin embargo, en ese periodo no son adecuadas las condiciones ambientales para establecer un hongo entomopatógeno ya que se requiere de humedad relativa elevada y temperaturas inferiores a 30 °C (Alves, 1986), y considerando que la precipitación ocurre por la tarde o noche y la mayor parte del día presenta radiación solar intensa; además, generalmente se presenta un periodo de sequía denominando “canícula” entre el 15 de julio y el 15 de agosto, que coincide con un ambiente adverso para los entomopatógenos, esto también se puede confirmar con la aparición tardía de la cepa nativa, de la cual se observó su epizootia hasta finales de agosto, en un sitio con protección solar durante buena parte del día. Esto hace suponer que la sombra de la cobertura arborea de los sistemas silvopastoriles junto con las condiciones de humedad y temperatura podrían favorecer el establecimiento y acción de los hongos entomopatógenos.

#### **4.4 Efectividad de las cepas de *Metarhizium anisopliae* sobre el control de ninfas del salivazo**

El análisis de varianza no mostró diferencias significativas entre las cepas ni entre los métodos de aplicación ( $P > 0.05$ ). La Figura 6 indica que ninguna de las cepas tuvo efecto de control sobre las ninfas de salivazo con ninguno de los métodos de aplicación, lo cual se manifiesta mejor por la

tendencia a incrementar la población hacia el final del experimento en todos los tratamientos, en forma muy similar al tratamiento control. La disminución en algunos de los muestreos se debe más a factores climáticos en ciertos momentos o cambio de generaciones como en los muestreos 5-7, 10 y 13. Solamente cuando se grafica el total de ninfas (Figura 6C) se observa una tendencia de disminución en el tratamiento PL-43.

Estos resultados indican que las cepas de *Metarhizium anisopliae* no tuvieron efecto de control sobre las ninfas de salivazo de las especies *Aeneolamia albofasciata* y *Prosapia simulans* ya que en todos los tratamientos la tendencia de la población de ninfas fue incrementarse en el tiempo y en forma similar con cambios por efectos climáticos. Resultados similares fueron obtenidos por Icaza (1974) con la especie de salivazo *Prosapia distantis* Lall. en pasto kikuyo y por Carneiro (1988) con la especie *Deois flavopicta* en pastizal de *Brachiaria decumbens*. La falta de control con *Metarhizium anisopliae* también ha sido observado en el cultivo de caña de azúcar utilizando dosis de  $5 \times 10^{12}$  conidios/ha y con condiciones ambientales adecuadas para el establecimiento del hongo (Salazar y Badilla, 1997). Marrufo (1973) delimitó áreas de 1 m<sup>2</sup> y efectuó aplicaciones de *Metarhizium* en la base del pasto directamente sobre las masas de espuma de las ninfas y los resultados obtenidos fueron muy similares al control (sin aplicación).

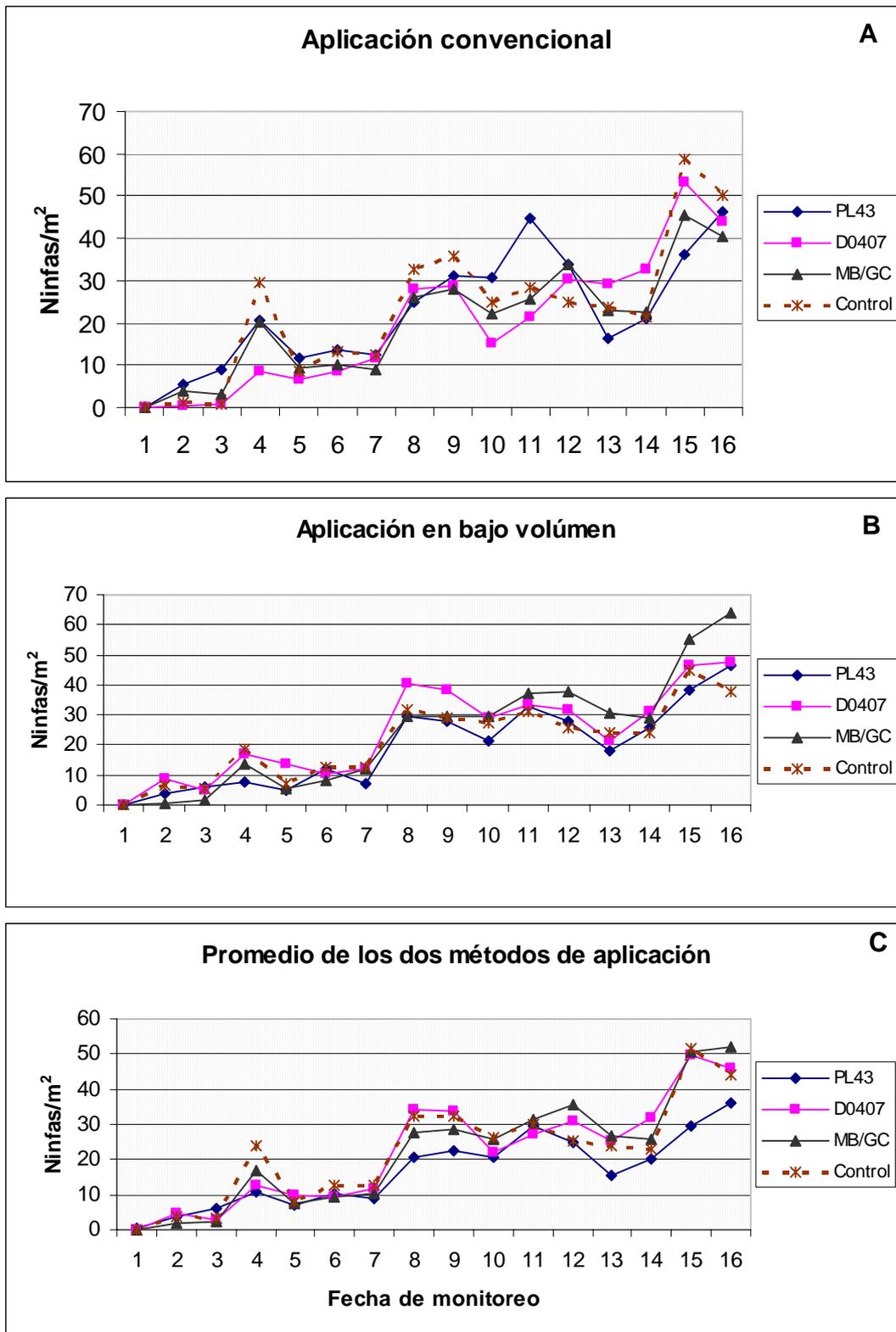


Figura 6. Fluctuación poblacional de ninfas de salivazo A: aplicación convencional, B: bajo volumen y C: promedio de los dos métodos de aplicación de *M. anisopliae*.

El efecto de la forma de aplicación de las cepas de *Metarhizium* sobre la mortalidad de ninfas se observa mejor en la figura 7 indicando que los dos sistemas fueron prácticamente iguales.

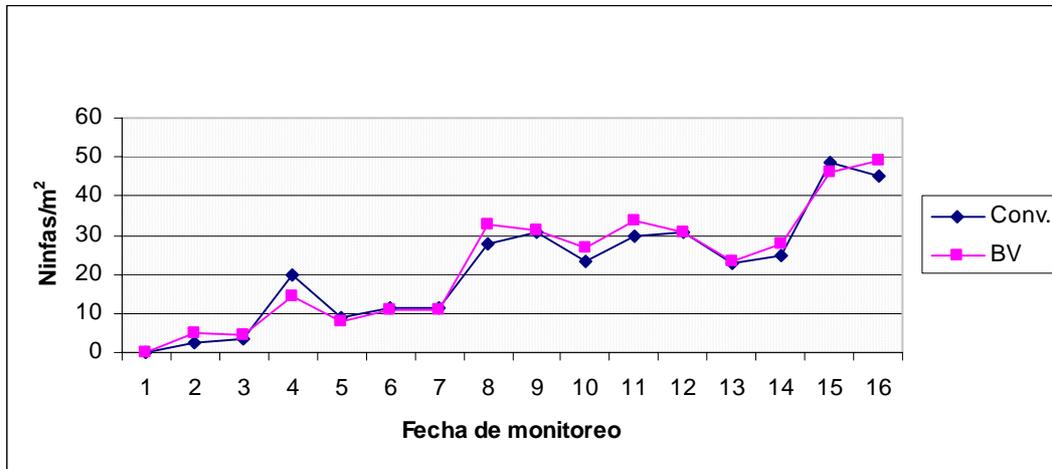


Figura 7. Población de ninfas de salivazo por forma de aplicación.

Entre los factores que intervienen en el desarrollo de una enfermedad se encuentran los relacionados con el patógeno y en particular la virulencia de las cepas que es una cualidad muy importante ya que se refiere a la intensidad o grado de la enfermedad que es ocasionado por el hongo.

En el caso de la cepa PL-43 se comprobó su patogenicidad sobre adultos de salivazo, mientras que con las cepas comerciales se consideró la recomendación que realiza el fabricante. Se realizó una prueba de germinación en cajas petri con medio de cultivo PDA para las 3 cepas y se comprobó viabilidad de las esporas, por lo que la falta de efecto sobre el hospedante, se atribuye a las condiciones ambientales adversas para el entomopatógeno. Los principales factores ambientales adversos fueron la baja humedad relativa (79.3%) y temperaturas elevadas (27.7 °C) y radiación solar intensa, puesto que el experimento se realizó en pastizales sin cobertura arbórea. La falta o el exceso de estos factores afectan la germinación y esporulación del patógeno. En cuanto a la lluvia no se considera que haya tenido efecto de lavado, ya que pese a que hubo precipitación antes o después de la aplicación de los hongos, al menos con la aplicación en bajo volumen se observó una turbulencia o nebulización que aseguró que entrara en contacto con los adultos de salivazo o llegara al suelo y las esporas quedaran adheridas en áreas de la planta protegidas de la radiación solar; sin embargo, durante los muestreos posteriores a la aplicación de los tratamientos no se encontraron insectos micosados en las unidades experimentales ni en las franjas contiguas. Esto refuerza la idea

de que los factores ambientales que más afectaron fueron las altas temperaturas, radiación solar, principalmente la radiación ultravioleta y la baja humedad relativa.

#### **4.5 Efectividad de las cepas de *Metarhizium anisopliae* sobre el control de adultos del salivazo**

El análisis de varianza no mostró diferencias estadísticas significativas entre de las cepas de *Metarhizium* ni entre los métodos de aplicación y entre estos con el tratamiento control ( $P > 0.05$ ).

La Figura 8 indica que ninguna de las cepas tuvo efecto de control sobre los adultos de salivazo en ninguno de los métodos de aplicación, lo cual se manifiesta mejor por la tendencia a incrementar la población hacia el final del experimento en todos los tratamientos. En forma muy similar el tratamiento control y la disminución en algunos de los muestreos se debe más a factores climáticos o cambio de generación, como en los muestreos 6-8, 13 y 16. Solamente cuando se grafica el total de adultos se observa una tendencia de disminución en el tratamiento PL-43. Resultados similares son reportados por Marrufo (1973) con la especie de *P. simulans*; Ramiro y Cottas (1979) con las especies *Zulia enteriana* y *Deois flavopicta* en pastizal de *Brachiaria humidicola* y por Cottas y Ramiro (1981) con las especies *Zulia enteriana* y *Deois flavopicta* en pastizal de *Brachiria decumbens*. Sin embargo Gómez (2002) con las especies *Zullia villior* y *Aeneolamia lepilior* en pastizal de *Brachiaria ruziziensis* y realizando tres aplicaciones de *Metarhizium anisopliae* en forma mensual encontró cierto control del hongo entomopatógeno sobre los adultos de salivazo. Este resultado obtenido puede ser atribuido a las condiciones ambientales que prevalecieron en el área de experimentación que fueron temperatura media de 24 °C, humedad relativa superior a 90% y precipitación pluvial de 1820 a 3420 mm., indicados como adecuados para la germinación y esporulación de *Metarhizium anisopliae* (Walstad *et. al.* 1970; Ferron, 1978; Sosa-Gómez y Alves, 2000). Sin embargo, en condiciones similares y en cultivo de caña de azúcar no obtuvieron resultados de efectividad del hongo *Metarhizium anisopliae* sobre adultos de salivazo (Salazar y Badilla, 1997).

Los métodos de aplicación fueron en forma líquida y asperjada, utilizando diferentes volúmenes de agua/ha, considerándose como convencional la cantidad de 200 litros y bajo volumen 60 litros de agua/ha como vehículo para la distribución del producto en el cultivo. De las 2 formas de aplicación no se encontró alguna en particular que se pueda utilizar con certeza para conseguir una adecuada efectividad del producto (Figura 9) ya que no se encontraron diferencias entre las formas de aplicación.

En relación a la densidad de adultos de salivazo al momento de aplicación de *Metarhizium*, Marrufo (1973) realizó 2 pruebas en campo: una con condiciones ambientales adecuadas para el hongo al menos durante 6 días posteriores a la aplicación (80-100% HR y 25-30 °C de temperatura) con población del salivazo de 75 adultos/50 redazos es decir 1.5 adultos/redazo, y en otra prueba las condiciones ambientales cambiaron después del 2° día de aplicación, no hubo precipitaciones, la temperatura aumentó a 35 y 40 °C y la humedad relativa hasta de 50% durante el día y con 300 adultos/50 redazos es decir 5 adultos/redazo. En ambas pruebas no obtuvo efectos de infección y control de *Metarhizium* sobre adultos del salivazo.

En el experimento no se encontró adultos muertos y se hizo un ejercicio colectando adultos del salivazo que después de muertos fueron colocados en el suelo y transcurridos aproximadamente 30 minutos se observó la presencia de hormigas consumiendo los insectos muertos. Observaciones similares reportó Marrufo (1973), lo que hace suponer que los cadáveres de insectos muertos por el hongo fueron consumidos por las hormigas.

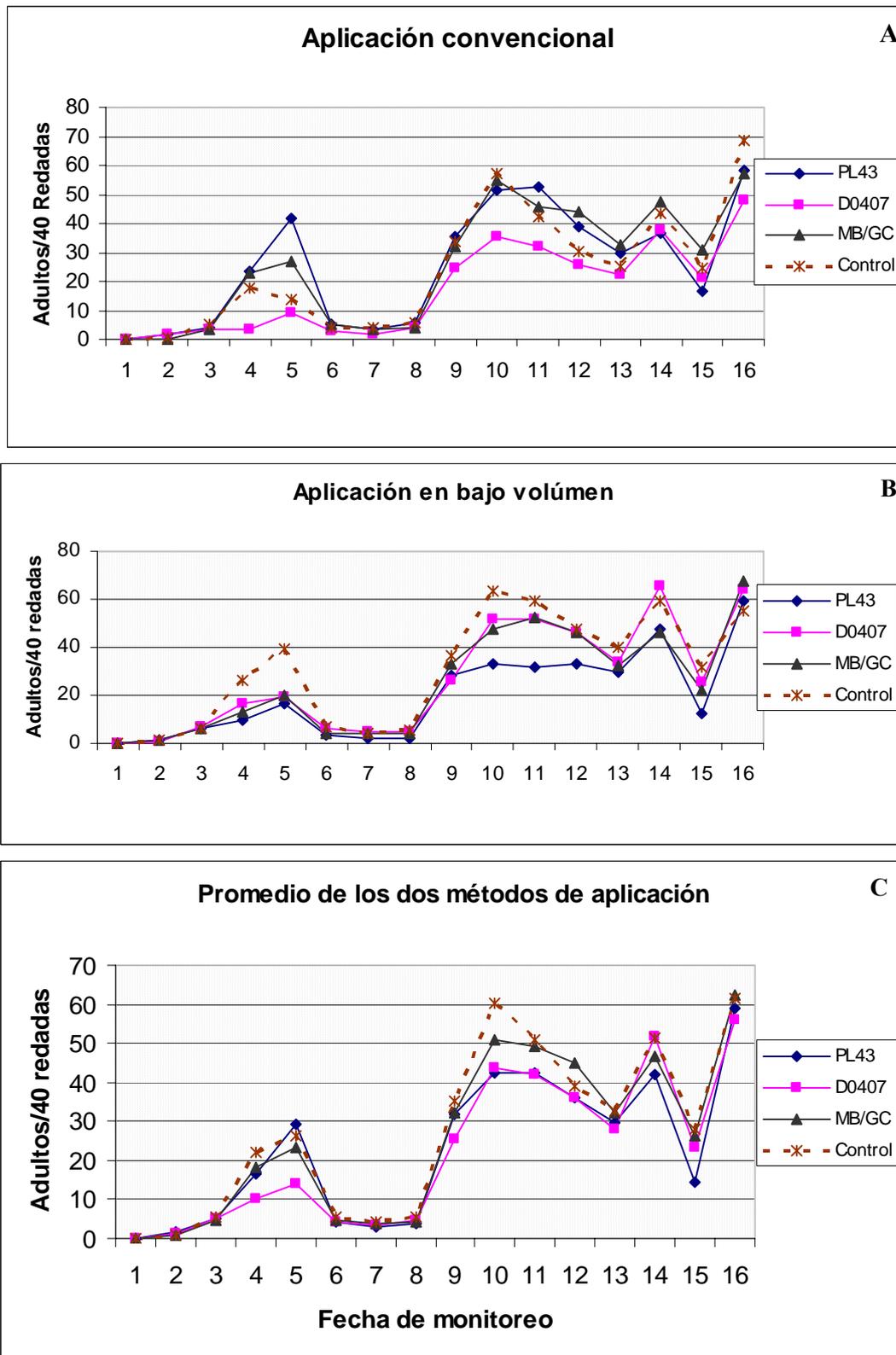


Figura 8. Fluctuación poblacional de adultos de salivazo A: aplicación convencional, B: bajo volumen y C: promedio de los dos métodos de aplicación de *Metarhizium anisopliae*.

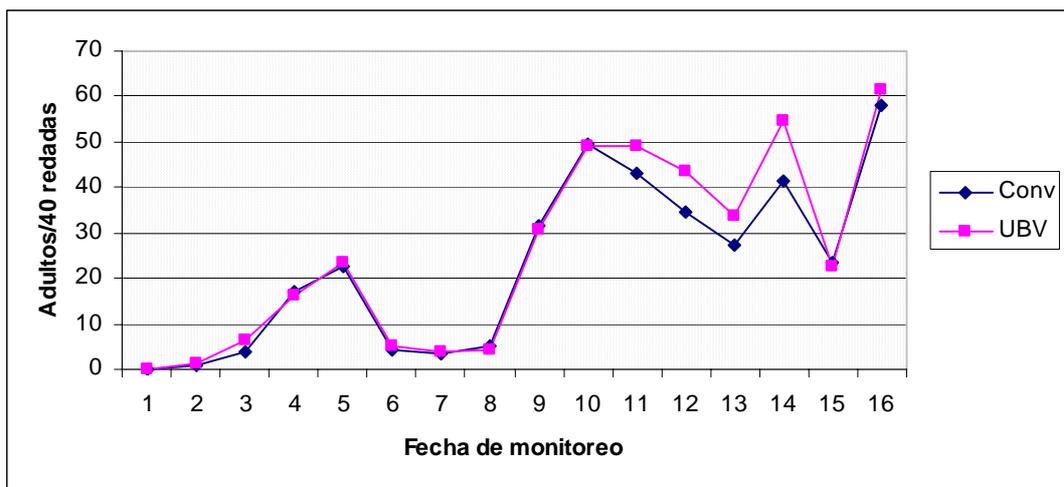


Figura 9. Población de adultos de salivazo por forma de aplicación: convencional y bajo volumen y fecha de muestreo.

#### 4.6 Impacto del salivazo sobre la producción y calidad de biomasa del pasto *Brachiaria decumbens*

El pasto en el área experimental presentó condiciones homogéneas y la determinación de biomasa se realizó justo antes de que el ganado entrara a pastorear dándose un periodo de descanso de aproximadamente 30 días. La altura al momento de la toma de muestras fue de 40 cm. No se tuvo diferencias estadísticas entre los tratamientos ( $p > 0.05$ ). En la Figura 10 se puede apreciar la cantidad de biomasa por tratamiento.

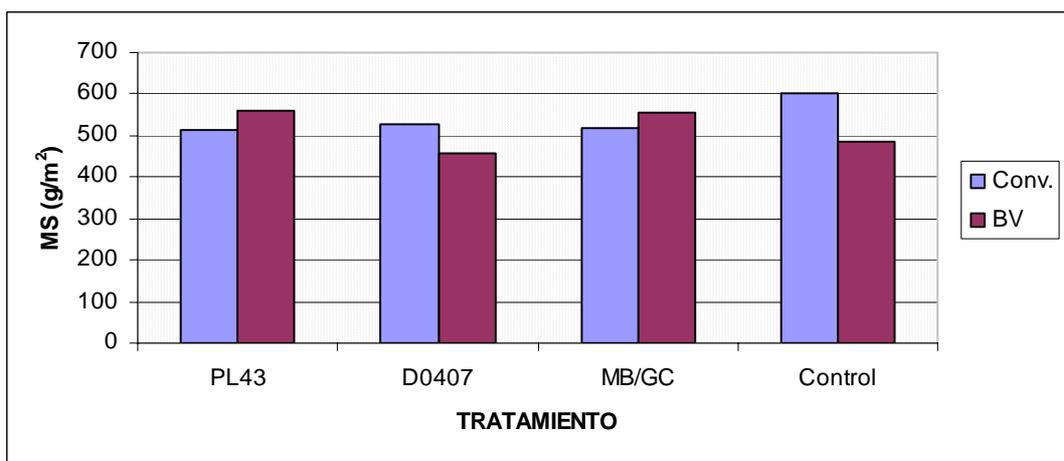


Figura 10. Producción de materia seca de *Brachiaria decumbens* por tratamiento

En relación a la calidad de biomasa, los resultados de laboratorio se presentan en el Cuadro 8.

Cuadro 8. Contenido de proteína cruda y DIVMS del pasto *Brachiaria decumbens* afectado por salivazo.

Item	Rangos reportados	Promedio	LI (95%)	LS (95%)
Proteína cruda (%)	9-12	4.8	4.21	5.39
DIVMS (%)	60-66	44.9	43.70	46.12
MS (kg/ha/año)	12,000-18,000			

Fuente: SPSACV, 2001.

Nota: LI = Límite inferior y LS = Límite superior.

La producción de la materia seca, el contenido de proteína cruda y la digestibilidad del pasto *Brachiaria decumbens* son afectados fuertemente por el ataque del salivazo. El contenido de proteína es casi 50% inferior al reportado como contenido normal de la especie que es del 9%. La digestibilidad presenta una disminución fuerte respecto a una condición normal (sin ataque de la plaga). Resultados similares son reportados por Valério y Nakano (1988) en *Brachiaria decumbens* afectado por *Zulia entreriana* y por Barrientos *et. al.* 1988, en *Cynodon dactylon* afectado por *Monecphora bicincta fraterna*. La producción de materia seca es afectada dependiendo de la severidad del ataque de la plaga, situación que en este año fue muy aguda y la producción fue afectada al 100%, secándose totalmente el pasto en una de las fincas de experimentación a mediados de septiembre en plena época de lluvias. Esta situación crea condiciones difíciles para los ganaderos ya que no cuentan con otros pastos, ocasionando pérdidas en la producción de carne y leche. También, porque permite la invasión de malezas, incrementando los costos de mantenimiento del potrero.

La susceptibilidad del pasto al ataque del salivazo es alta, por lo que resulta difícil que un método de control como *Metarhizium* presente resultados favorables o que sobrepase en nivel de susceptibilidad del pasto, por lo que hay que usar otros métodos de control dándole cierta importancia a las variedades resistentes o tolerantes.

#### 4.7 Cepa nativa de hongo entomopatógeno

Cerca del área de experimentación se logró observar una epizootia de adultos de salivazo causada por un hongo entomopatógeno; esta situación se presentó a partir del 22 de agosto que corresponde entre las fechas de muestreo 15 y 16 y que claramente coincide con el incremento de la precipitación

y seguramente una alta humedad relativa, por encontrarse rodeado de elevaciones que protegen el área de la radiación solar durante buena parte del día. De acuerdo con información de laboratorio el hongo nativo es *Batkoa* sp., sin embargo, no se pudo comprobar si el hongo aislado corresponde al que provoca la muerte del insecto, ya que no se pudo probar su efecto mediante la inoculación de insectos vivos del salivazo para comprobar si este hongo fue el que causó la epizootia. Garrigós (2002) reporta que *Batkoa* ataca a *Mahanarva fimbriolata* y *Deois schach*. Así mismo, Vargas (1970) observó en ciertos periodos lluviosos *Metarhizium anisopliae* y *Entomophthora* sp. afectan a los adultos de *Prosapia distantii* en Coronado y Tres Rios, Costa Rica.

De acuerdo con la información obtenida del propietario de la finca donde se observó la presencia del hongo nativo a principios del mes de noviembre, el hongo no fue capaz de evitar que se disparara la población del salivazo en la finca, por lo que había efectuado la aplicación de químicos en dos ocasiones.

## 5 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 5.1 Conclusiones

Las especies de salivazo que existen en el área de estudio son *Aeneolamia albofasciata* y *Prosapia simulans*, las cuales presentan una masa de espuma o “salivazo” catalogado como alcalino.

La dinámica poblacional del salivazo es influenciado por los factores climáticos principalmente por la precipitación, aunque la temperatura parece tener influencia sobre el tipo de especie predominante.

La cobertura arborea tiene influencia sobre la especie del salivazo en el área de estudio.

Las cepas de *Metarhizium anisopliae* utilizadas no fueron efectivas para controlar ninfas y adultos de salivazo bajo las condiciones ambientales que prevalecieron en el área de estudio.

Los hongos entomopatógenos requieren de condiciones ambientales adecuadas para su establecimiento y desarrollo de epizootias, por lo que su uso debería sincronizarse con momentos en que las condiciones ambientales sean más favorables para su desarrollo y no basar su aplicación a umbrales preestablecidos, similar a los utilizados para la aplicación de agroquímicos, al menos para su uso en pastizales.

El ataque de salivazo afecta severamente la producción y calidad de la biomasa de *Brachiaria decumbens*, la cual es muy susceptible al ataque del salivazo.

Hongos nativos como *Batkoa* sp. tienen potencial para contribuir al control natural de la plaga.

Las epizootias de los entomopatógenos surgen hasta que las condiciones ambientales son adecuadas para su reproducción y dispersión,

### 5.2 Recomendaciones

Realizar un tamizado de una mayor cantidad de cepas de hongos entomopatógenos que permita seleccionar las más promisorias y luego probarlas en campo.

Evaluar la efectividad de cepas promisorias de hongos entomopatógenos bajo condiciones favorables y desfavorables para determinar si existen cepas que puedan adaptarse mejor a condiciones adversas.

Evaluar la efectividad de cepas promisorias del hongo en sistemas silvopastoriles, que permita determinar si la sombra puede favorecer o no su persistencia.

Realizar estudios más profundos del comportamiento del hongo nativo en el lugar detectado y en áreas aledañas, para conocer mejor su potencial.

Existe la necesidad de disponer de productos biológicos que se haya probado su efectividad bajo condiciones ambientales de campo.

Evaluar especies de pasto por su tolerancia al salivazo y establecer aquellos menos susceptibles al ataque del salivazo.

Estudiar la posibilidad de iniciar el control de la plaga a nivel de huevo para romper el ciclo del insecto.

Capacitar a los productores sobre la plaga ya que muchos no la conocen y consecuentemente desconocen la forma de monitorearla.

## 6 LITERATURA CITADA

- Alves, S.B. 1986. Controle microbiano de insectos. Brasil. Editora Manole. 407p.
- Badilla, F; Toledo, J.C; Barreno, C. 1996. Patogenicidad de *Metarhizium anisopliae* en adultos de la “Chinche salivosa” *Aeneolamia albofasciata* y *Prosapia* spp. (Homoptera: Cercopidae) en caña de azúcar en Escuintla, Guatemala. Manejo Integrado de Plagas 42:39-44.
- Barrientos, A; Herrera, R.S; Dorta, N; Mora, C. 1988. Evaluación de las pérdidas en el rendimiento y calidad de *Cynodon dactylon* vs Coast cross No. 1 provocadas por *Monecphora bicincta fraterna* (Uhler). Revista Cubana de Ciencias Agrícolas 22:303-307.
- Binaco, R. 1982. Disposición espacial de *Aeneolamia* spp. (Homoptera: Cercópidae) en praderas de gramíneas tropicales. Tesis MC. Chapingo, México. CP. 123p.
- Bodegas Varela, P.R. 1973. Aspectos biológicos sobre la mosca pinta de los pastos, con énfasis en el periodo de incubación de los huevecillos de *Aeneolamia occidentalis* (Fennah). Tesis MC. Monterrey, N.L. ITESM. 111p.
- Byers, R.A; Wells, H.D. 1966. Phytotoxemia of coastal bermudagrass caused by the two-lined spittlebug, *Prosapia bicincta* (Homoptera: Cercopidae). Annals of the Entomological Society of America 59(6):1067-1071.
- Carballo, M; Guharay, F. 2004. Control biológico de plagas agrícolas. Managua, NI. CATIE, 232p. (Serie Técnica: Manual Técnico No. 53).
- Cardona, C; Fory, P; Sotelo, G; Pabon, A; Díaz, G; Miles, J.W. 2004. Antibiosis and tolerance to five species of spittlebug (Homoptera: Cercopidae) in *Brachiaria* spp.: Implications for Breeding for resistance. Journal of Economic Entomology 97(2):635-645.

- Cardona, C; Sotelo, G. 2005. Mecanismos de resistencia a insectos: naturaleza e importancia en la formulación de estrategias de mejoramiento para incorporar resistencia a salivazo en *Brachiaria*. *Pasturas Tropicales* 27(2):2-11.
- Cardona, C; Sotelo, G; Miles, J. 2000. Avances en investigaciones sobre resistencia de *Brachiaria* a salivazo. Circular. Gramíneas y Leguminosas Tropicales... Proyecto-5 del CIAT. Año 3, no. 2, 8p.
- Carneiro, M. de F. 1988. Eficiencia de diferentes cepas de *Metarhizium anisopliae* no controle de *Deois flavopicta*. *Pesquisa Agropecuaria Brasileira* 23(7):685-689.
- Castro, U; Morales, A; Peck, D.C. 2005. Dinámica poblacional y fenología del salivazo de los pastos *Zulia carbonaria* (Lallemand) (Homoptera: Cercopidae) en el valle geográfico del Río Cauca, Colombia. *Neotropical Entomology* 34(3):459-470.
- Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT). 1982. Cercópidos de los pastos en América Tropical. *Biología y control: guía de estudio*. Cali, Colombia. CIAT. 51p.
- Coronado Padilla, R. 1978. Memoria de la campaña contra la mosca pinta. Coyoacán, México. Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos (SARH). 126p.
- Coronado Padilla, R; Sosa Esquiliano, E. 1966. Campaña contra la mosca pinta y la escama algodonosa de los pastos. *Fitófilo* 50:5-15.
- Coto, D; Saunders, J.L. 2004. Insectos plagas de cultivos perennes con énfasis en frutales en América Tropical. Turrialba, C.R. CATIE/EARTH. 400p. (Serie Técnica: Manual Técnico 52)
- De Lyra Netto, A.M.C; De Araújo, A.D; Warumby, J.F; Marques, I.M.R. 1989. Fluctuacao populacional da cigarrinha de pastagens *Deois schach* (Fabricius, 1797) (Homoptera-Cercopidae) em capim pangola (*Digitaria decumbens*) no estado de Pernambuco. *Anais da Sociedade Entomologica do Brasil* 18(1):33-41.

- De Menezes, M; El-Kadi, M.K; Marques Pereira, J; Moreno Ruiz, M.A. 1983. Bases para o controle integrado das cigarrinhas-das-patagens na regio sudeste da Bahia. Ilhéus-Bahía. CEPLAC. 35p.
- Devotto M., L; Gerding P., M. 2003. Respuesta de dos aislamientos chilenos de *Metarhizium anisopliae* (Metzchnikoff) Sorokin a la adición de un protector solar. Agricultura Técnica 63(4):339-346.
- DIECA. 2004. Manejo integrado del salivazo en el cultivo de la caña de azúcar. Programa de Entomología. Grecia, CR. 16p.
- Evans, D.E. 1972. Resistance to carbamate insecticides in *Aeneolamia varia saccharina* (Distant). Tropical Agriculture 50(2):153-163.
- Fagan, E.B; Kuitert, L.C. Biology of the two-lined spittlebug, *Prosapia bicincta*, on Florida pastures (Homoptera: Cercopidae). The Florida Entomologist 52(3):199-206.
- Ferron, P. 1978. Biological control of insect pests by entomogenous fungi. Annual Review of Entomology 23:409-442.
- Ferrufino Coqueugniot, A. 1987. Caracterización de la resistencia de *Brachiaria* spp. al salivazo de los pastos *Zulia colombiana* (Lallemand) (Homoptera: Cercopidae). Tesis Mag. Sc. Turrialba, CR. UCR/CATIE. 129p.
- Fewkes, D.W. 1960. Number of nymphal instars of the sugar-cane froghopper. Nature 188(4745):167-168.
- Fontes, E. G; Pires, C.S.S; Sujii, E.R. 1995. Mixed risk-spreading strategies and the population dynamics of a Brazilian pasture pest, *Deois flavopicta* (Homoptera: Cercopidae). Journal of Economic Entomology 88(5): 1256-1262.

- Garrigós Leite, L. Ocorrência, produção e preservação de micélio seco de *Batkoa* sp. y *Furia* sp., patógenos das cigarrinhas das pastagens. Tese D.C. Sao Paulo, Brasil. ESA “Luis Queiroz”, USP 133p.
- Gómez Bonilla, Y. 2002. Efectividad del hongo *Metarhizium anisopliae* (Metsch) Sorokin en el control de especies de Cercopidae (Homoptera) en *Brachiaria ruziziensis*. Tesis Mag. Sc. San José, CR, UCR. 105p.
- Guagliumi, P. 1972/73. Pragas da cana-de-acúcar, Nordeste do Brasil. Rio de Janeiro, Brasil. Instituto do açúcar e do Álcool, Divisao administrativa. Coleção Canaviera no. 10. 622p.
- Hajek, A.E; Leger, R.J.St. 1994. Interactions between fungal pathogens and insect hosts. Annual Review of Entomology 39:293-322.
- Hewitt, G.B. 1988. Grazing management as a means of regulating spittlebug (Homoptera: Cercopidae) numbers in Central Brazil. Pesquisa Agropecuaria Brasileira 23(7):697-707.
- Holmann, F; Peck, D. 2002. Economic damage caused by spittlebugs (Homoptera: Cercopidae) in Colombia: a first approximation of impact on animal production in *Brachiaria decumbens* pastures. Neotropical Entomology, 31(2):1-10.
- Icaza García, J. 1974. Estudio de la efectividad del control microbiológico de *Prosapia distante* Lall. en pasto kikuyo (*Pennisetum clandestinum*). Tesis Mag. Sc. Turrialba, CR. IICA/CTEL. 31p.
- Lapointe, S.L. 1993. Manejo de dos plagas clave para forrajes de las sabanas neotropicales. Pasturas Tropicales 15(3):1-9.
- Lapointe, S.L; Serrano, M.S; Arango, G.L; Sotelo, G; Cardona, F. 1992. Antibiosis to spittlebugs (Homoptera: Cercopidae) in accessions of *Brachiaria* spp. Journal of Economic Entomology 85(4):1485-1490.

- Lecuona, R.E. ed. 1996. Microorganismos patógenos empleados en el control microbiano de insectos plaga. Argentina. Talleres gráficos Mariano. 338p.
- Mahecha, L. 2002. El silvopastoreo: Una alternativa de producción que disminuye el impacto ambiental de la ganadería bovina. *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias* 15(2):226-231.
- Martin, R.M; Cox, J.R; Alston, D.G; Ibarra, F.F. 1995. Spittlebugs (Homoptera: Cercopidae) life cycle on buffelgrass in northwestern Mexico. *Annals of the Entomological Society of America* 88(4):471-478.
- Marrufo Espejo, R.C. 1973. Cultivo de hongo entomofágo *Metarhizium anisopliae* (Metch) Sor. y ensayos preliminares de su efecto contra el complejo mosca pinta de los pastos y otros insectos. Tesis IAZ. Monterrey, N.L. ITESM. 79p.
- Miles, J.W; Lapointe, S.L; Escandón, M.L; Sotelo, G. 1995. Inheritance of resistance to spittlebug (Homoptera: Cercopidae) in interspecific *Brachiaria* spp. hybrids. *Journal of Economic Entomology* 88(5):1477-1481.
- Miranda, E; Kawamura, N. 2003. Estudio de la binomía de salivazos (Cercopidae) en potreros con pasto *Brachiaria*, con miras al desarrollo de su manejo integrado. Artículo de investigación, Centro Tecnológico Agropecuario en Bolivia no.2:21-24.
- Nirula, K.K. 1957. Observations on the green muscardine fungus in populations of *Oryctes rhinoceros* L. *Journal of Economic Entomology* 50(6):767-770.
- Painter, R.H. 1958. Resistance of plants to insects. *Annual Review of Entomology* 3:267-290.
- Pass, B.C; Reed, J.K. 1965. Biology and control of the spittlebugs *Prosapia bicincta* in coastal Bermuda grass. *Journal of Economic Entomology* 58(2):275-278.
- Peck, D.C. 1998. Natural history of the spittlebug *Prosapia nr. bicincta* (Homoptera: Cercopidae) in association with dairy pastures of Costa Rica. *Annals of the Entomological Society of America* 91(4):435-444.

- Peck, D.C. 2001. Diversidad y distribución geográfica del salivazo (Homoptera: Cercopidae) asociado con gramíneas en Colombia y Ecuador. *Revista Colombiana de Entomología* 27(3-4):129-136.
- Peck, D.C. 2003. Distribución y reconocimiento del salivazo de los pastos (Homoptera: Cercopidae) en la Costa Caribe de Colombia. *Pasturas Tropicales* 24(1):4-15.
- Peck, D; Castro, U; López, F; Morales, A; Rodríguez, J. 2001. First records of the sugar cane and forage grass pest, *Prosapia simulans* (Homoptera: Cercopidae), from South America. *Florida Entomologist* 84(3):402-409.
- Peck, D.C; Morales, A; Castro, U. 2004. Alternative methods for rearing grass-feeding spittlebugs (Homoptera: Cercopidae). *Neotropical Entomology* 33(3):307-314.
- Peck, D.C; Pérez, A.M; Medina, J.W. 2003a. Biología y hábitos de *Aeneolamia reducta* y *A. lepidior* en la Costa Caribe de Colombia. *Pasturas Tropicales* 24(1):16-26.
- Peck, D.C; Pérez, A.M; Medina, J.W; Barrios, M; Rojas, J. 2003b. Fenología de *Aeneolamia reducta* en la Costa Caribe de Colombia. *Pasturas Tropicales* 24(1):39-55.
- Peck, D.C; Pérez, A.M; Medina, J.W; Rojas, J; Barrios, M. 2003c. Fluctuación poblacional y enemigos naturales de *Aeneolamia reducta* en la Costa Caribe de Colombia. *Pasturas Tropicales* 24(1):27-38.
- Pezo, D; Ibrahim, M. 1999. Módulo de enseñanza agroforestal no. 2: Sistemas silvopastoriles. Turrialba, CR. CATIE/GTZ, 258p.
- Ramiro, Z.A; Cottas, M.P. 1979. Ensaio de campo com diferentes dosagens de *Metarhizium anisopliae* (Metch) Sorokin, 1883, visando o controle de *Deois flavopicta* (Stal, 1824) e *Zulia enteriana* (Berg, 1879) em pastagens. *O'Biológico* 45(11/12):199-204.

- Rivas, L; Holmann, F. 2004. Impacto de la adopción de híbridos de *Brachiaria* resistentes al salivazo Colombia, México y Centroamérica. Cali, Colombia. CIAT/ILRI. 29p.
- Rodríguez Ch., J; Castro V, U; Morales R, A; Peck, D.C. 2003. Biología del salivazo *Prosapia simulans* (Homoptera: Cercopidae), nueva plaga de gramíneas cultivadas en Colombia. Revista Colombiana de Entomología 29(2):149-155.
- Rodríguez Rodríguez, D.I. 1979. Evaluación del daño causado por cuatro densidades de población de ninfas del complejo mosca pinta *Aeneolamia albofasciata* y *Prosapia simulans* sobre cuatro híbridos de zacate buffel *Cenchrus ciliaris* a nivel de invernadero. Tesis IAP. Monterrey, México. ISTEMS. 63p.
- Salazar Blanco, J.D; Badilla Fernández, F. 1997. Evaluación de dos cepas de hongo entomopatógeno *Metarhizium anisopliae* y seis insecticidas granulados en el control de salivazo (*Aeneolamia postica*) (Hom: Cercopidae) en caña de azúcar en la región de san Carlos, Costa Rica. Manejo Integrado de Plagas 43:9-18.
- Sandino D., V.M. 2003. Manejo integrado de la salivita de la caña de azúcar. Nicaragua. FUNICA/UNA/CATIE, 26p.
- Saunders, J.L; Coto, D.T; King, A.B.S. 1998. Plagas invertebradas de cultivos anuales alimenticios en América Central. Turrialba, CR. CATIE. 305p. (Serie Técnica: Manual Técnico No. 29).
- Schaerffenberg, B. 1964. Biological and environmental conditions for the development of mycoses caused by *Beauveria* and *Metarrhizium*. Journal of Insect Pathology 6:8-20.
- Silveira Melo, L.A; Silveira Neto, S. 1983. Tipos de amostragem e evolucao populacional das cigarrinhas-das-pastagens. Pesquisa Agropecuaria Brasileira 18(12):1303-1309.
- Sosa-Gómez, D.R; Alves, S.B. 2000. Temperature and relative humidity requirements for conidiogenesis of *Bauveria bassiana* (Deuteromycetes: Moniliaceae). Anais da Sociedade Entomologica do Brasil 29(3):515-521.

- SPSACV (Semillas Papalotla, S.A. de C.V.). 2001. Manual de Actualización Técnica. México, D.F. SPSACV. 64p.
- Steel, R.G.D; Torrie, J.H. 1993. Bioestadística: principios y procedimientos. México, D.F. Mc Graw-Hill. 622p.
- Valério, J. R. 1985. Caracterizacao e avaliacao do dano causado pelo adulto da cigarrinha-das-pastagens *Zulia entreriana* (Berg, 1879) em *Brachiaria decumbens* Stapf. Cv. Basilisk. Tese D.C. Sao Paulo, Brasil. ESA "Luis Queiroz", USP 152p.
- Valério, J.R; Jeller, H; Peixer, J. 1997. Selecao de introudccoes do género *Brachiaria* (Griseb) resistentes á cigarrinha *Zulia enteriana* (Berg) (Homoptera: Cercoópidae). Anais da Sociedade Entomologica do Brasil 26(2):383-387.
- Valério, J.R; Koller, W.W. 1993. Proposicao para o manejo integrado das cigarrinhas-das-pastagens. Pasturas Tropicales 15(3):10-16.
- Valério, J.R; Nakano, O. 1988. Danos causados pelo adulto da cigarrinha *Zulia entreriana* na producao e qualidade de *Brachiaria decumben*. Pesquisa Agropecuaria Brasileira 23(5):447-453.
- Vargas Picado, O. 1970. Estudio sobre la baba de culebra *Prosapia distanti* (Homoptera: Cercopidae) y un ensayo sobre su combate en el pasto kikuyu (*P. clandestinum* Hochst.). Tesis Ing. Agr. San José, CR. UCR, 75p.
- Velasco P, H; Hernández Tafoya, R; Flores Flores, J.D; Ochoa Ramírez, N; Sifuentes A, J.A. 1972. La mosca pinta o salivazo: Datos sobre su biología, ecología y control. México, D.F. Dirección General de Sanidad Vegetal. 14p.
- Vicentini, S; Magalhaes, B.P. 1996. Infection of the grasshopper, *Rhammatocerus schistocercoides* Rehn by the entomopathogenic fungus, *Metarhizium flavoviride* Gams & Rozsypal. Anais da Sociedade Entomologica do Brasil 25(2):309-314.

Walstad, J.D; Anderson, R.F; Stambaugh, W.J. 1969. Effects of environmental conditions on two species of muscardine fungi (*Beauveria bassiana* and *Metarrhizium anisopliae*). Journal of Invertebrate Pathology 16:221-226.

## **ANEXOS**

Promedio de ninfas del salivazo por aplicación, tratamiento y fecha de muestreo

No.	Fecha	Convencional				Bajo volumen			
		T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8
1	May-28	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2	Jun-04	5.4	0.4	3.7	1.3	3.6	8.7	0.3	6.4
3	Jun-11	9.0	0.7	3.1	0.7	6.1	5.1	1.6	5.6
4	Jun-18	20.7	8.7	20.3	29.7	7.7	17.0	13.4	18.4
5	Jun-25	11.6	6.4	9.4	8.7	4.7	13.7	5.7	7.3
6	Jul-02*	13.6	8.4	10.0	13.1	12.0	10.6	8.3	12.6
7	Jul-06	12.3	11.9	8.9	12.4	7.1	11.9	12.1	12.7
8	Jul-10	25.0	27.9	26.1	32.7	29.6	40.3	29.3	31.6
9	Jul-16	31.0	28.9	27.9	35.7	28.1	38.4	29.6	29.0
10	Jul-23	30.6	15.3	22.3	25.0	21.6	29.1	29.6	27.4
11	Jul-30*	44.6	21.3	25.6	28.6	33.0	33.4	37.4	31.3
12	Ago-04	33.9	30.1	33.7	25.0	28.1	31.7	37.9	25.9
13	Ago-08	16.1	29.3	22.9	23.9	17.9	21.1	30.4	23.9
14	Ago-15	21.1	32.9	22.7	21.6	25.7	31.1	29.1	24.3
15	Ago-22	36.0	53.1	45.6	58.7	38.3	46.4	55.4	44.6
16	Ago-29	46.3	43.9	40.4	50.3	46.4	47.6	64.0	38.0

\* Aplicación de cepas de *Metarhizium anisopliae*.

Resumen de análisis de varianza de ninfas del salivazo por fecha de monitoreo.

Fecha	F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
1	Modelo	0	8	0	sd	sd
	Finca	0	1	0	sd	sd
	Aplicación	0	1	0	sd	sd
	Hongo	0	3	0	sd	sd
	Aplicación*Hongo	0	3	0	sd	sd
	Error	0	7	0		
	Total	0	15			
2	Modelo	146.06	8	18.26	1.34	0.3565
	Finca	11.68	1	11.68	0.86	0.3854
	Aplicación	16.67	1	16.67	1.22	0.3054
	Hongo	19.19	3	6.4	0.47	0.7131
	Aplicación*Hongo	98.53	3	32.84	2.41	0.1524
	Error	95.41	7	13.63		
	Total	241.47	15			
3	Modelo	163.06	8	20.38	0.97	0.5246
	Finca	9.38	1	9.38	0.44	0.5262
	Aplicación	4.98	1	4.98	0.24	0.6417
	Hongo	81.25	3	27.08	1.28	0.352
	Aplicación*Hongo	67.44	3	22.48	1.07	0.4226
	Error	147.64	7	21.09		
	Total	310.7	15			
4	Modelo	1417.66	8	177.21	1.79	0.2279
	Finca	571.93	1	571.93	5.79	0.047
	Aplicación	141.97	1	141.97	1.44	0.2696
	Hongo	406.42	3	135.47	1.37	0.3279
	Aplicación*Hongo	297.34	3	99.11	1	0.4458
	Error	691.57	7	98.8		
	Total	2109.23	15			
5	Modelo	265.34	8	33.17	1.56	0.2851
	Finca	123.77	1	123.77	5.83	0.0465
	Aplicación	9	1	9	0.42	0.5358
	Hongo	9.58	3	3.19	0.15	0.9262
	Aplicación*Hongo	122.99	3	41	1.93	0.2132
	Error	148.64	7	21.23		
	Total	413.98	15			
6	Modelo	798.08	8	99.76	3.32	0.0656
	Finca	706.9	1	706.9	23.54	0.0019
	Aplicación	0.34	1	0.34	0.01	0.9183
	Hongo	75.24	3	25.08	0.84	0.5159
	Aplicación*Hongo	15.61	3	5.2	0.17	0.9111
	Error	210.17	7	30.02		
	Total	1008.24	15			

Fecha	F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
7	Modelo	327.33	8	40.92	1.92	0.2035
	Finca	248.61	1	248.61	11.64	0.0113
	Aplicación	0.12	1	0.12	0.01	0.9413
	Hongo	21.46	3	7.15	0.33	0.801
	Aplicación*Hongo	57.13	3	19.04	0.89	0.4912
	Error	149.56	7	21.37		
	Total	476.88	15			
8	Modelo	1534.9	8	191.86	2.64	0.1094
	Finca	1201.84	1	1201.84	16.52	0.0048
	Aplicación	70.85	1	70.85	0.97	0.3565
	Hongo	161.25	3	53.75	0.74	0.5616
	Aplicación*Hongo	100.96	3	33.65	0.46	0.7172
	Error	509.19	7	72.74		
	Total	2044.09	15			
9	Modelo	246.25	8	30.78	0.61	0.7471
	Finca	1.13	1	1.13	0.02	0.8848
	Aplicación	0.05	1	0.05	0.0011	0.975
	Hongo	87.13	3	29.04	0.58	0.6479
	Aplicación*Hongo	157.93	3	52.64	1.05	0.4294
	Error	351.96	7	50.28		
	Total	598.21	15			
10	Modelo	2184.45	8	273.06	14.39	0.0011
	Finca	1832.7	1	1832.7	96.6	<0.0001
	Aplicación	37.27	1	37.27	1.96	0.2038
	Hongo	35.65	3	11.88	0.63	0.6205
	Aplicación*Hongo	278.84	3	92.95	4.9	0.0384
	Error	132.8	7	18.97		
	Total	2317.25	15			
11	Modelo	971.51	8	121.44	3.41	0.0617
	Finca	268.8	1	268.8	7.55	0.0286
	Aplicación	59.75	1	59.75	1.68	0.2361
	Hongo	292.11	3	97.37	2.74	0.1232
	Aplicación*Hongo	350.86	3	116.95	3.29	0.0882
	Error	249.12	7	35.59		
	Total	1220.63	15			
12	Modelo	424.08	8	53.01	2.88	0.0908
	Finca	150.49	1	150.49	8.17	0.0244
	Aplicación	0.19	1	0.19	0.01	0.9217
	Hongo	218.94	3	72.98	3.96	0.0608
	Aplicación*Hongo	54.46	3	18.15	0.99	0.4527
	Error	128.96	7	18.42		
	Total	553.04	15			

Fecha	F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
13	Modelo	3033.99	8	379.25	20.98	0.0003
	Finca	2675.73	1	2675.73	148.03	<0.0001
	Aplicación	0.00031	1	0.00031	0.000017	0.9968
	Hongo	230.97	3	76.99	4.26	0.0522
	Aplicación*Hongo	127.29	3	42.43	2.35	0.159
	Error	126.53	7	18.08		
	Total	3160.52	15			
14	Modelo	2428.2	8	303.53	7.2	0.0086
	Finca	2087.12	1	2087.12	49.54	0.0002
	Aplicación	57.84	1	57.84	1.37	0.2797
	Hongo	245.41	3	81.8	1.94	0.2115
	Aplicación*Hongo	37.84	3	12.61	0.3	0.8251
	Error	294.91	7	42.13		
	Total	2723.12	15			
15	Modelo	3474.25	8	434.28	5.07	0.0228
	Finca	2554.29	1	2554.29	29.83	0.0009
	Aplicación	7.56	1	7.56	0.09	0.7749
	Hongo	608.65	3	202.88	2.37	0.1566
	Aplicación*Hongo	303.75	3	101.25	1.18	0.383
	Error	599.36	7	85.62		
	Total	4073.61	15			
16	Modelo	6198.8	8	774.85	5.95	0.0148
	Finca	5094.39	1	5094.39	39.09	0.0004
	Aplicación	85.56	1	85.56	0.66	0.4444
	Hongo	166.52	3	55.51	0.43	0.7406
	Aplicación*Hongo	852.32	3	284.11	2.18	0.1783
	Error	912.21	7	130.32		
	Total	7111	15			

Promedio de adultos del salivazo por aplicación, tratamiento y fecha de muestreo

No.	Fecha	Convencional				Bajo volumen			
		T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8
1	May-28	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2	Jun-04	1.7	1.7	0.1	0.4	1.7	1.0	1.1	1.3
3	Jun-11	4.0	3.3	3.6	5.1	6.1	6.9	6.0	6.1
4	Jun-18	23.3	3.7	22.7	17.9	9.6	16.7	13.4	26.0
5	Jun-25	41.7	9.0	26.7	13.6	16.4	19.1	19.7	39.1
6	Jul-02*	5.3	2.7	5.3	4.0	3.1	6.1	3.9	6.7
7	Jul-06	3.7	1.9	3.6	4.0	2.0	4.6	3.9	4.4
8	Jul-10	6.0	3.9	4.3	5.7	2.0	5.1	4.3	5.6
9	Jul-16	35.7	24.9	31.9	33.9	28.1	26.0	32.9	36.6
10	Jul-23	51.6	35.1	54.9	57.1	33.0	52.0	47.3	63.6
11	Jul-30*	52.7	31.9	45.6	42.1	31.7	51.9	52.6	59.4
12	Ago-04	38.7	25.6	44.1	30.3	33.1	46.4	46.0	47.9
13	Ago-08	29.7	22.4	32.6	25.0	29.4	33.9	32.3	40.1
14	Ago-15	36.6	38.0	47.4	43.7	47.7	65.3	46.3	59.1
15	Ago-22	16.7	21.4	31.0	24.6	12.4	25.4	22.0	31.4
16	Ago-29	58.4	48.1	57.4	68.3	59.3	64.1	67.4	55.0

\*Aplicación de cepas de *Metarhizium anisopliae*.

Resumen de análisis de varianza de adultos del salivazo por fecha de monitoreo.

Fecha	F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
1	Modelo	0	8	0	sd	sd
	Finca	0	1	0	sd	sd
	Aplicación	0	1	0	sd	sd
	Hongo	0	3	0	sd	sd
	Aplicación*Hongo	0	3	0	sd	sd
	Error	0	7	0		
	Total	0	15			
2	Modelo	8.16	8	1.02	0.55	0.7905
	Finca	1.96	1	1.96	1.06	0.3385
	Aplicación	0.1	1	0.1	0.05	0.8238
	Hongo	3.53	3	1.18	0.63	0.617
	Aplicación*Hongo	2.58	3	0.86	0.46	0.7175
	Error	13	7	1.86		
	Total	21.16	15			
3	Modelo	24.81	8	3.1	1.53	0.2944
	Finca	0.45	1	0.45	0.22	0.6535
	Aplicación	21	1	21	10.36	0.0147
	Hongo	1.65	3	0.55	0.27	0.8446
	Aplicación*Hongo	1.72	3	0.57	0.28	0.8363
	Error	14.19	7	2.03		
	Total	39.01	15			
4	Modelo	883.27	8	110.41	1.63	0.2664
	Finca	1.09	1	1.09	0.02	0.9027
	Aplicación	1.09	1	1.09	0.02	0.9027
	Hongo	294.86	3	98.29	1.45	0.3072
	Aplicación*Hongo	586.24	3	195.41	2.89	0.112
	Error	473.73	7	67.68		
	Total	1357	15			
5	Modelo	2940	8	367.5	1.27	0.3833
	Finca	464.19	1	464.19	1.6	0.246
	Aplicación	1	1	1	0.0035	0.9548
	Hongo	634.7	3	211.57	0.73	0.5658
	Aplicación*Hongo	1840.11	3	613.37	2.12	0.1864
	Error	2027.59	7	289.66		
	Total	4967.6	15			
6	Modelo	183.31	8	22.91	6.68	0.0107
	Finca	148.54	1	148.54	43.27	0.0003
	Aplicación	1.22	1	1.22	0.35	0.5705
	Hongo	4.58	3	1.53	0.44	0.7286
	Aplicación*Hongo	28.98	3	9.66	2.81	0.1173
	Error	24.03	7	3.43		
	Total	207.34	15			

Fecha	F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
7	Modelo	161.79	8	20.22	10.32	0.003
	Finca	142.98	1	142.98	72.93	0.0001
	Aplicación	0.84	1	0.84	0.43	0.5332
	Hongo	5.4	3	1.8	0.92	0.4801
	Aplicación*Hongo	12.57	3	4.19	2.14	0.1839
	Error	13.72	7	1.96		
	Total	175.51	15			
8	Modelo	258.6	8	32.33	7.45	0.0078
	Finca	227.56	1	227.56	52.45	0.0002
	Aplicación	3.2	1	3.2	0.74	0.4186
	Hongo	7.64	3	2.55	0.59	0.6426
	Aplicación*Hongo	20.2	3	6.73	1.55	0.2839
	Error	30.37	7	4.34		
	Total	288.98	15			
9	Modelo	12545.53	8	1568.19	46.42	<0.0001
	Finca	12200.86	1	12200.86	361.19	<0.0001
	Aplicación	2.78	1	2.78	0.08	0.7825
	Hongo	254.73	3	84.91	2.51	0.1422
	Aplicación*Hongo	87.16	3	29.05	0.86	0.5048
	Error	236.46	7	33.78		
	Total	12781.99	15			
10	Modelo	23274.76	8	2909.35	55.27	<0.0001
	Finca	21534.83	1	21534.83	409.13	<0.0001
	Aplicación	3.36	1	3.36	0.06	0.8078
	Hongo	868.15	3	289.38	5.5	0.0294
	Aplicación*Hongo	868.43	3	289.48	5.5	0.0294
	Error	368.45	7	52.64		
	Total	23643.21	15			
11	Modelo	2144.64	8	268.08	10.26	0.003
	Finca	692.22	1	692.22	26.49	0.0013
	Aplicación	121.44	1	121.44	4.65	0.068
	Hongo	235.09	3	78.36	3	0.1047
	Aplicación*Hongo	1095.9	3	365.3	13.98	0.0024
	Error	182.93	7	26.13		
	Total	2327.57	15			
12	Modelo	1024.1	8	128.01	8.72	0.0049
	Finca	7.22	1	7.22	0.49	0.5057
	Aplicación	307.04	1	307.04	20.92	0.0026
	Hongo	216.25	3	72.08	4.91	0.0382
	Aplicación*Hongo	493.59	3	164.53	11.21	0.0046
	Error	102.75	7	14.68		
	Total	1126.85	15			

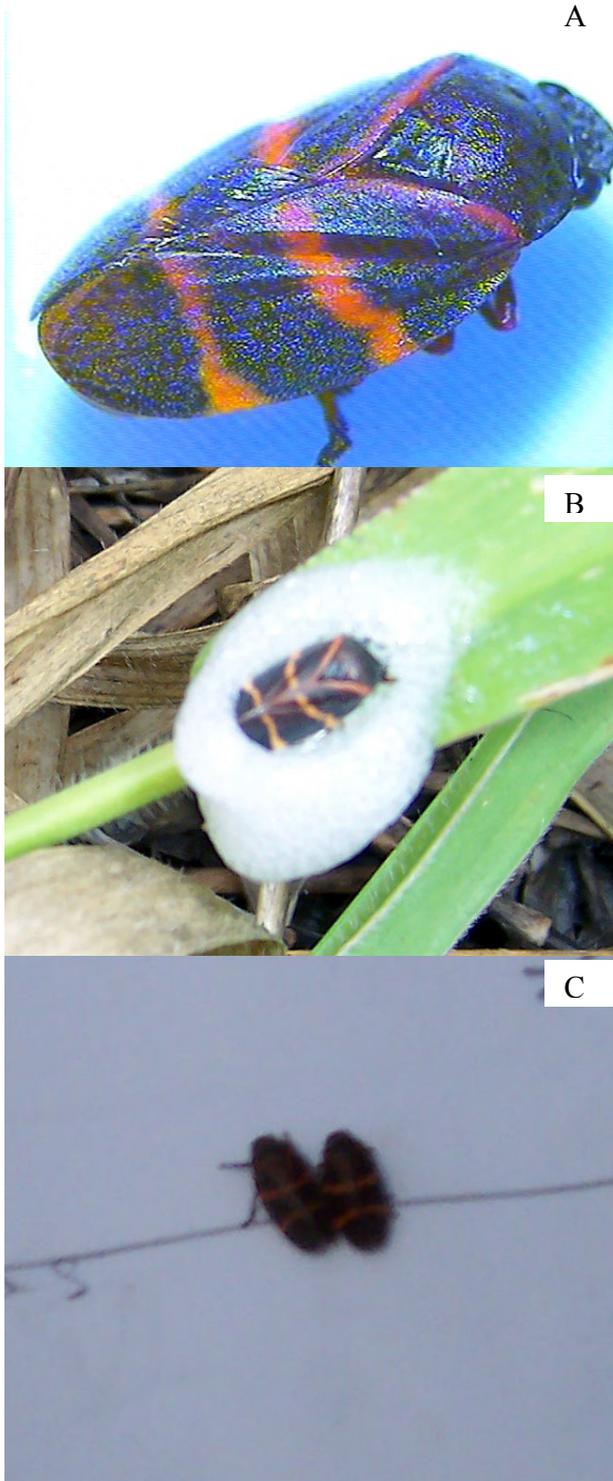
Fecha	F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
13	Modelo	833.36	8	104.17	3.48	0.0588
	Finca	448.91	1	448.91	15.01	0.0061
	Aplicación	139.54	1	139.54	4.66	0.0676
	Hongo	51.71	3	17.24	0.58	0.6488
	Aplicación*Hongo	193.21	3	64.4	2.15	0.1818
	Error	209.42	7	29.92		
	Total	1042.78	15			
14	Modelo	1838.92	8	229.86	4.91	0.0248
	Finca	396.61	1	396.61	8.48	0.0226
	Aplicación	772.28	1	772.28	16.51	0.0048
	Hongo	292.73	3	97.58	2.09	0.1905
	Aplicación*Hongo	377.29	3	125.76	2.69	0.1269
	Error	327.4	7	46.77		
	Total	2166.31	15			
15	Modelo	3074.1	8	384.26	4.91	0.0249
	Finca	2316.02	1	2316.02	29.57	0.001
	Aplicación	4.86	1	4.86	0.06	0.8104
	Hongo	556.87	3	185.62	2.37	0.1565
	Aplicación*Hongo	196.35	3	65.45	0.84	0.5157
	Error	548.25	7	78.32		
	Total	3622.34	15			
16	Modelo	58519.64	8	7314.95	53.22	<0.0001
	Finca	57661.22	1	57661.22	419.52	<0.0001
	Aplicación	52.53	1	52.53	0.38	0.556
	Hongo	131.63	3	43.88	0.32	0.8115
	Aplicación*Hongo	674.27	3	224.76	1.64	0.2661
	Error	962.11	7	137.44		
	Total	59481.75	15			

Producción de materia seca promedio por tratamiento

Fecha	Convencional				Bajo volumen				Prom
	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	
1	513.45	529.58	516.30	602.74	562.25	458.60	553.56	485.73	527.77

Resumen de análisis de varianza de materia seca.

Fecha	F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
1	Modelo	29612.47	8	3701.56	1.35	0.3543
	Finca	878.68	1	878.68	0.32	0.5896
	Aplicación	2598.20	1	2598.20	0.94	0.3635
	Hongo	6233.04	3	2077.68	0.76	0.5535
	Aplicación*Hongo	19902.56	3	6634.19	2.41	0.1522
	Error	19258.34	7	2751.19		
	Total	48870.81	15			



*Aeneolamia albofasciata*: (A) adulto, (B) adulto próximo a emerger de la masa de espuma y (C) adultos en apareamiento.



*Prosapia simulans*: (A) y (B) adultos y (C) adultos en apareamiento.



Daños en *Brachiaria decumbens*: (A) necrosis por la succión de la savia e inyección de tóxicos por los adultos y (B) secado total del pasto por ataque severo del salivazo, en El Petén, Guatemala.