



COLEGIO DE POSTGRADUADOS

INSTITUCIÓN DE ENSEÑANZA E INVESTIGACIÓN EN CIENCIAS AGRÍCOLAS

CAMPUS VERACRUZ

POSTGRADO DE AGROECOSISTEMAS TROPICALES

**MÉTODOS DE MUESTREO PARA LA DETECCIÓN DE HUEVOS DE MOSCA
PINTA *Aeneolamia albofasciata* (Lallemand) EN CAÑA DE AZÚCAR**

JOSÉ JAIR CANELA CANTELLANO

TESIS

PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL GRADO DE

MAESTRO EN CIENCIAS

TEPETATES, MANLIO FABIO ALTAMIRANO, VERACRUZ, MÉXICO

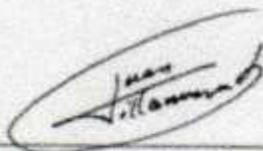
2015

La presente tesis, titulada: **Métodos de muestreo para la detección de huevos de mosca pinta *Aneolamia albofasciata* (Lallemand) en caña de azúcar**, realizada por el alumno **José Jair Canela Cantellano**, bajo la dirección del Consejo Particular indicado, ha sido aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

MAESTRO EN CIENCIAS
AGROECOSISTEMAS TROPICALES

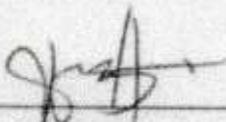
CONSEJO PARTICULAR

CONSEJERO:



DR. JUAN ANTONIO VILLANUEVA JIMÉNEZ

ASESOR:



DR. JOSÉ LÓPEZ COLLADO

ASESOR:



DR. SERGIO SALGADO GARCÍA

ASESOR:



DR. HÉCTOR CABRERA MIRELES

Tepetates, Manlio Fabio Altamirano, México, 9 de noviembre 2015

MÉTODOS DE MUESTREO PARA LA DETECCIÓN DE HUEVOS DE MOSCA PINTA

Aeneolamia albofasciata (Lallemand) EN CAÑA DE AZÚCAR

José Jair Canela-Cantellano, M.C.

Colegio de Postgraduados, 2015

La mosca pinta (*Aeneolamia albofasciata*) es una de las principales plagas del cultivo de caña de azúcar. Los estados de desarrollo son huevo, cinco estadios ninfales y el adulto. La mayoría de los huevos diapáusicos son puestos por la hembra al final del año; estos permanecen enterrados y eclosionan al inicio de la temporada de lluvias del siguiente año. El definir los componentes de un sistema de muestreo de huevos de mosca pinta, permite predecir adecuadamente los niveles de población que causan mayor daño. Por ello, se realizaron muestreos en parcelas comerciales de caña de azúcar de la región central de Veracruz. Se determinó la unidad de muestreo de huevos más eficiente y se identificó el sitio adecuado y la profundidad de muestreo donde se obtiene la mayor cantidad de huevos. En las parcelas muestreadas, los marcos muestreadores de 15x15x5 cm y 30x30x5 cm determinaron la misma cantidad de huevos ($p=0.7701$), sin embargo el de menor tamaño fue más eficiente al reducir el esfuerzo de trabajo en 15 %. El sitio de muestreo donde se obtuvo la más alta cantidad de huevos de mosca pinta se definió al colocar el marco muestreador adyacente a la base de la cepa ($p<0.0001$) y sobre la parte más sombreada del surco (lado NO de la cepa). La profundidad más adecuada de muestreo fueron los primeros 4 cm de suelo ($p<0.0001$).

Palabras clave: Mosca pinta, huevos diapáusicos, marco muestreador, sitio de muestreo, profundidad de muestreo.

SAMPLING METHODS FOR DETECTION OF SPITTLEBUG *Aeneolamia albofasciata*

(Lallemand) EGGS IN SUGAR CANE

José Jair Canela-Cantellano, M.C.

Colegio de Postgraduados, 2015

The spittlebug (*Aeneolamia albofasciata*) is a major pest of sugar cane crop. The life stages are egg, five nymphal stages and adult. Majority of diapausing eggs are laid by the female spittlebug at the end of the year; these remain buried and hatch at the beginning of the rainy season in the following year. Defining the components of sampling system of spittlebug eggs, allows an adequate prediction of the population levels that cause most of the damage. Therefore, samples were taken in commercial plots of sugar cane in Central Veracruz. The most efficient eggs sampling unit was determined, and the sampling place and the sampling depth where the greatest number of eggs is obtained, were identified. In the sampled plots, sampling frames of 15x15x5 cm and 30x30x5 cm determined the same amount of eggs ($p = 0.7701$), however the smaller frame was more efficient to reduce the work effort by 15%. The sampling site with the highest amount of spittlebug eggs was defined by placing the sampling frame adjacent to the stool base ($p < 0.0001$) and in the most shaded part in the row (NW side of the stool). The first 4 cm of soil were considered the most appropriate sampling depth ($p < 0.0001$).

Keywords: Spittlebug, egg diapause, sampling frames, sampling site, sampling depth.

DEDICATORIA

A Mis Padres. José Nicolás, quien es mi ejemplo de vida, quien me ha demostrado que la perseverancia es fundamental en todo lo que haga; me ha enseñado que la humildad es primero, y que el deseo de hacer las cosas bien es lo más importante para abrirse camino en la vida. Lucia, quien me brinda mucho cariño y amor, quien ha estado conmigo en los momentos malos y buenos de mi vida y quien incondicionalmente me ha apoyado y me motiva a seguir adelante, además siempre está para escucharme, aconsejarme y regañarme. Ha ustedes padres, quienes nunca dejaron de creer en mí, que a pesar de la distancia, noche a noche piden que no me rinda y que logre mis metas y propósitos.

A Mis Hermanas y Hermano. María Neftalí, Dolores Betsabé, Jeanette y Manuel Ulises. Quienes están al pendiente de mis logros, me apoyan diariamente con palabras de aliento y me brindan parte de su cariño y amor. A ustedes hermanos, quienes son muy importantes en mi vida.

A Mis Sobrinos. Michelle, Vanesa, Juan Ezequiel y Jimena. Quienes me reciben con enormes muestras de cariño y amor; por ser de uno de mis motivos importantes para seguir adelante y esforzándome. A ustedes sobrinos, que me alegran todos los días.

AGRADECIMIENTOS

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT), quien mediante el impuesto de millones de mexicanos, me otorgó una beca con la cual realicé mis estudios de postgrado.

Al Colegio de Postgraduados, en especial al CP Campus Veracruz, donde me aceptaron como estudiante y tuve la oportunidad de prepararme en el estudio de los Agroecosistemas Tropicales. También agradezco al CP Campus Montecillo, sitio donde desarrollé nuevas habilidades y conocimientos.

A la LPI 2 Agroecosistemas Sustentables (Línea Prioritaria de Investigación 2) y al Grupo MaSCaña (Manejo Sustentable de la Caña de Azúcar) por el recurso económico otorgado, el cual fue de gran importancia para el desarrollo de esta investigación.

Al Proyecto “Diseño de un Programa Contemporáneo de Manejo Integrado de Mosca Pinta en Caña de Azúcar” que a través de la Coordinadora Nacional de Las Fundaciones Produce, A.C (COFUPRO) y Fundación Produce Veracruz (FUNPROVER), facilitaron mediante recursos económicos parte de las actividades de investigación.

A mi Consejo Particular. Dr. Juan A. Villanueva, Dr. Héctor Cabrera Mireles, Dr. José López Collado y al Dr. Sergio Salgado García. Por su valiosa asesoría, la cual sirvió para la culminación de la presente investigación y por todos sus consejos; además por guiarme en el camino de la investigación.

A la familia Villanueva Carrillo. Dr. Juan Villanueva, Doña Mary Carrillo y Axel Villanueva, gracias por el apoyo incondicional que me han brindado durante todos estos años; sus consejos, llamados de atención y uno que otro regaño, fueron muy importantes para mi desarrollo personal y profesional. Gracias por permitirme ser parte de su familia.

A la familia López Garcia. Don Modesto, Doña Celia, Natalie López, Erika López, Mocel López quienes permitieron que me integrara a su familia y me brindaron su apoyo durante mi estancia en Texcoco; además de enseñarme que la unión familiar es muy importante.

A mis colegas y amigos. Wilber Aguilar, Carlos Luna, José Luis Castro, Ulises Jiménez, Juan Luis Matus, Luz Pacheco, por todos los momentos de alegría que juntos hemos compartido.

A todos mis amigos y compañeros de generación. Rosalba Loyo, Flor García, Lety Guerrero, Apolonia Zamora, Eleonora Camacho, Zulema Huicab, Juan Carlos García y el resto de la generación Otoño-2013 “Híbridos”, porque juntos iniciamos este camino, por el apoyo y su valiosa amistad.

A toda la comunidad del CP Campus Veracruz. En especial a mi buen amigo Santos Escalante, quien me ha enseñado a trabajar en campo. A Lorena Aguilar, Rosalba José y Noel Pérez por el apoyo y la motivación de seguir adelante. A mis amigas de intendencia y al resto de personas que conocí.

Al grupo de amigos que hice en el CP Campus Montecillo. Lupita Carrillo y Nuvia Orduño, gracias por brindarme su amistad y por el apoyo incondicional. A Maribel Peña, Josael Bazán, Eliud Serrano, Edith Blanco, Norma, Eduardo y demás compañía; a todos ellos muchas gracias por dejarme ser parte de su comunidad tan diversa y agradable de muy buenos amigos.

CONTENIDO

	Página
INTRODUCCIÓN GENERAL.....	1
1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	4
2. OBJETIVOS	6
2.1. Objetivo General.....	6
2.2. Objetivos Específicos	6
3. HIPÓTESIS.....	7
3.1. Hipótesis General	7
3.2. Hipótesis Específicas.....	7
4. REVISIÓN DE LITERATURA	8
4.1. Marco Teórico Conceptual	8
4.2. Marco de Referencia.....	10
5. LITERATURA CITADA	13
CAPÍTULO I. UNIDAD DE MUESTREO EFICIENTE EN LA DETECCIÓN DE HUEVOS DE MOSCA PINTA <i>Aeneolamia albofasciata</i> (Lallemand) EN CAÑA DE AZÚCAR	17
1.1. INTRODUCCIÓN	20
1.2. MATERIALES Y MÉTODOS	22
1.3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	25
1.4. CONCLUSIONES	30
1.5. AGRADECIMIENTOS	31
1.6. LITERATURA CITADA	31
CAPÍTULO II. SITIO Y PROFUNDIDAD DE MUESTREO ADECUADOS PARA HUEVOS DE MOSCA PINTA <i>Aeneolamia albofasciata</i> (Lallemand) EN CAÑA DE AZÚCAR	34
2.1. INTRODUCCIÓN	37
2.2. MATERIALES Y MÉTODOS	38
2.3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	44
2.4. CONCLUSIONES	56
2.5. AGRADECIMIENTOS	56
2.6. LITERATURA CITADA	57
CONCLUSIONES GENERALES.....	60

LISTA DE CUADROS

	Página
Cuadro 1. Características químicas y físicas del suelo de las parcelas de caña de azúcar muestreadas.	26
Cuadro 2. Promedio (\pm error estándar) de huevos de mosca pinta <i>A. albofasciata</i> por submuestra obtenidos con marcos de muestreo de tamaño diferente en cuatro parcelas de caña de azúcar en Veracruz, México.	28
Cuadro 3. Promedios (\pm error estándar) de huevos de mosca pinta <i>A. albofasciata</i> por submuestra a través del tiempo en la Parcela 2.	29
Cuadro 4. Efecto de las parcelas de caña de azúcar, las distancias a la orilla de la cepa y las orientaciones donde se obtiene la muestra respecto a la cepa de referencia, en la cantidad de huevos de mosca pinta en el primer periodo de muestreo.	45
Cuadro 5. Efecto de las parcelas de caña de azúcar, las distancias a la orilla de la cepa y las orientaciones donde se obtiene la muestra respecto a la cepa de referencia, en la cantidad de huevos de mosca pinta en el segundo periodo de muestreo.	46
Cuadro 6. Efecto de las parcelas de caña de azúcar, las distancias a la orilla de la cepa y las orientaciones donde se obtiene la muestra respecto a la cepa de referencia, en la cantidad de huevos de mosca pinta en el tercer periodo de muestreo.	48
Cuadro 7. Efecto de las parcelas de caña de azúcar, las distancias a la orilla de la cepa y la profundidad de colecta del suelo, en la cantidad de huevos de mosca pinta obtenida en el primer periodo de muestreo.	50
Cuadro 8. Efecto de las parcelas de caña de azúcar, las distancias a la orilla de la cepa y la profundidad de colecta del suelo, en la cantidad de huevos de mosca pinta obtenida en el segundo periodo de muestreo.	53

LISTA DE FIGURAS

	Página
Figura 1. Adulto de mosca pinta (<i>A. albobfasciata</i>) en caña de azúcar	1
Figura 2. Rastra fitosanitaria para el control de huevos diapáusicos de mosca pinta en caña de azúcar.	4
Figura 3. Marco muestreador (30x30x5 cm) para huevos de mosca pinta en caña de azúcar.	5
Figura 4. Marcos muestreadores para el conteo de huevos de mosca pinta en caña de azúcar. a) 15x15x5 cm y b) 30x30x5 cm	12
Figura 5. Diagrama de la zona de muestreo con la orientación geográfica de las ocho cepas de caña de azúcar respecto a la cepa central: noroeste (NO), norte (N), noreste (NE), este (E), sureste (SE), sur (S), suroeste (SW) y oeste (W).	40
Figura 6. Promedio (\pm Error Estándar) de huevos de mosca pinta muestreados, que muestra la interacción de las orientaciones a las tres distancias evaluadas.	45
Figura 7. Promedio (\pm Error Estándar) de huevos de mosca pinta muestreados, que muestra la interacción de las orientaciones y parcelas de caña de azúcar.	49
Figura 8. Promedio (\pm Error Estándar) de huevos de mosca pinta muestreados en el primer periodo, que muestra la interacción de las distancias y parcelas de caña de azúcar.	51
Figura 9. Promedio (\pm Error Estándar) de huevos de mosca pinta muestreados por profundidad en dos parcelas comerciales de caña de azúcar en el primer periodo de muestreo.	52
Figura 10. Promedio (\pm error estándar) de huevos de mosca pinta muestreados en el segundo periodo, que muestra la interacción de las distancias y parcelas de caña de azúcar.	54
Figura 11. Promedio (\pm error estándar) de huevos de mosca pinta muestreados por profundidad en dos parcelas comerciales de caña de azúcar en el segundo periodo de muestreo.	55

INTRODUCCIÓN GENERAL

La caña de azúcar (*Saccharum officinarum*) es uno de los principales cultivos en la agroindustria mexicana; sus actividades se desarrollan en 15 entidades federativas y 227 municipios (SIAP-SAGARPA, 2014). La industria azucarera genera más de dos millones de empleos de forma directa e indirecta, y constituye el sustento de diversas familias (Rivera y Romero, 2003). Sin embargo el cultivo de caña de azúcar, presenta diversos problemas que afectan su desarrollo y crecimiento; entre los principales se encuentran las plagas insectiles, que con mayor o menor incidencia, causan daños a la planta y afectan su producción (Badilla y Sáenz, 1996).

La mosca pinta o salivazo (Figura 1), es un complejo de especies de los géneros *Aeneolamia* y *Prosapia* (Hemiptera: Cercopidae), es considerada como una de las principales plagas de importancia económica del cultivo de caña de azúcar (Badilla, 1997; Gómez, 2007) ya que limitan su desarrollo y ocasionan pérdidas en el tonelaje y el rendimiento en la producción; ataques severos de esta plaga han reportado la pérdida de hasta 9 ton ha⁻¹ (Flores *et al.*, 1994).



Figura 1. Adulto de mosca pinta (*A. albofasciata*) en caña de azúcar

Estos insectos presentan metamorfosis incompleta, los cuales pasan por los estados de huevo, ninfa y adulto (Castro *et al.*, 2005). Las ninfas inmediatamente después de emerger buscan refugio en las partes húmedas y sombreadas de la base de la caña, donde succionan la savia de la raíz y permanecen en el suelo mientras crecen (Peck, 1998); se caracterizan por secretar una sustancia espumosa, la cual le sirve para protegerse de la deshidratación y del ataque de depredadores (De la Cruz-Llanas *et al.*, 2005).

La mayor actividad del adulto es durante las horas frescas del día, mientras que al medio día se esconde dentro del cogollo y en las hojas de la caña (Bustillo y Castro, 2011; Obando *et al.*, 2013). Los adultos son muy activos, ya que saltan o vuelan cuando se les perturba o molesta (Utrera-Vélez, 2005). Al alimentarse, el adulto inyecta una toxina en las hojas, la cual “quema” el follaje, por lo que la planta pierde su área fotosintética y con ello detiene su crecimiento (Sáenz *et al.*, 1999).

Las hembras de mosca pinta depositan sus huevos alrededor de las cepas de caña, enterrados a unos pocos centímetros de profundidad (Fernández y Ramos, 1986; Flores, 1994). Algunos huevos entran en estado de diapausa (Rebolledo y Arroyo, 1995), estado de suspensión que les permite pasar exitosamente el periodo de sequía en el suelo y eclosionar hasta la siguiente época de lluvias (Estrada, *et al.* 2003). Su fluctuación poblacional está influenciada por las condiciones climáticas (Barrientos *et al.*, 1988); las primeras poblaciones aparecen días después del inicio de las lluvias y se prolongan durante toda la temporada (Fontes *et al.*, 1995).

Los huevos eclosionan cuando se presenta acumulación del agua en el suelo durante la temporada de lluvias, que es cuando se observan picos poblacionales de ninfas y adultos de manera escalonada y superpuestas (Guagliumi, 1972; Martin *et al.* 1995). De acuerdo a la especie y a las condiciones

climáticas de la región, la mosca pinta puede presentar cinco o más generaciones por año (De Yta y Cruz, 2005; COMIP, 1998).

La mayor parte de las estrategias de control de mosca pinta están dirigidas a las ninfas y los adultos. Antes de decidir qué tipo de control se va a utilizar, es necesario conocer los niveles de población que existen en el cultivo para ayudar a tomar decisiones respecto al momento de aplicar la medida de control. La industria azucarera determina el nivel crítico de la plaga mediante un método de muestreo llamado “cinco de oros”, el cual consiste en tomar cinco cepas como puntos de muestreo, cuatro ubicadas en las esquinas y una en el centro de la parcela, donde se registra visualmente el número de tallos, de ninfas y de adultos.

Por último, la toma de decisiones se basa en diferentes criterios, los cuales cambian de acuerdo a la estrategia de manejo de la plaga (Salazar *et al.*, 1983). El manejo de huevos de mosca pinta se considera una práctica preventiva. La técnica más utilizada es la rastra fitosanitaria, asociada al uso de la cultivadora tipo Lillistong (Figura 2); este implemento remueve la tierra que se encuentra en el surco de la caña, para exponer los huevos al sol y a los depredadores. Además, se realizan prácticas culturales como la mejora del drenaje y el adecuado control de maleza. Para determinar el éxito de estas prácticas se debe realizar un muestreo, el cual ayuda a determinar los niveles de población que existen en el cultivo.



Figura 2. Rastra fitosanitaria para el control de huevos diapáusicos de mosca pinta en caña de azúcar.

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Dentro del Manejo Integrado de Plagas (MIP), el muestreo permite estimar la población de una determinada especie de insectos con cierto grado de confianza de un área determinada; además, con los muestreos se puede estudiar adecuadamente la distribución espacial de los insectos en el cultivo (Hilje, 1996; Dinador-Miranda *et al.*, 2007). Trabajar con una muestra de la población tiene la ventaja de ser más rápido, más barato y los resultados obtenidos pueden ser precisos, de modo que si la muestra se elige correctamente, la información que se obtiene permite una estimación razonable de la situación poblacional.

Las técnicas de muestreo para predecir las primeras poblaciones de mosca pinta son variadas y se basan en indicadores sin precisión definida (Márquez *et al.*, 2009). Para el caso de huevos, se utiliza la extracción de suelo mediante el uso de diferentes herramientas de muestreo; la más empleada por la industria azucarera es un marco de hierro de 30 cm de lado por 5 cm de

profundidad, el cual se entierra entre la cepa recién cortada o a su alrededor (Figura 3). Es necesario seleccionar los métodos de muestreo que en forma eficiente permitan estimar la densidad poblacional de los huevos de mosca pinta. Además, se debe buscar una herramienta muestreadora que represente de forma óptima a la unidad de muestreo, y que se aplique en el lugar más adecuado y con el mínimo esfuerzo o costos de muestreo posibles.



Figura 3. Marco muestreador (30x30x5 cm) para huevos de mosca pinta en caña de azúcar.

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo General

Determinar los componentes del sistema de muestreo de huevos de mosca pinta que estimen adecuadamente los niveles de población presentes en la parcela de caña de azúcar.

2.2. Objetivos Específicos

- Determinar la unidad de muestra más eficiente, que con menor esfuerzo estime la cantidad de huevos de mosca pinta en parcelas comerciales de caña de azúcar.
- Determinar el sitio de muestreo y profundidad de suelo donde se obtenga la mayor cantidad de huevos de mosca pinta en parcelas comerciales de caña de azúcar.

3. HIPÓTESIS

3.1. Hipótesis General

La eficiencia de los componentes del sistema de muestreo permite estimar adecuadamente los niveles de población de huevos mosca pinta presentes en la parcela de caña de azúcar.

3.2. Hipótesis Específicas

- Una unidad de muestra de menor tamaño a la utilizada comercialmente, detecta con menor esfuerzo la misma cantidad de huevos de mosca pinta.
- La eficiencia del muestreo de huevos de mosca pinta aumenta al obtener muestras cerca de la cepa de caña de azúcar y a pocos centímetros de profundidad.

4. REVISIÓN DE LITERATURA

4.1. Marco Teórico Conceptual

El Agroecosistema (AES). El estudio de los AES cuenta con varios conceptos, entre los que resaltan el descrito por Hernández (1977): “Sistema natural modificado por la mano del hombre, el cual mediante un manejo sustentable de los recursos obtiene beneficios de interés agrícola”. Hart (1985) lo ve como un subconjunto de sistemas ecológicos que incluyen poblaciones de cultivos y animales domésticos que interactúan, no solamente en el espacio sino también a través del tiempo, y que son regulados por la mano del hombre. Gliessman (2002), considera al AES como un ecosistema semi-domesticado, que surge cuando las actividades humanas alteran y manipulan un ecosistema natural, con el propósito de establecer una producción agrícola. Para Martínez (2004) es un modelo conceptual de la actividad agrícola, considerada como la unidad óptima para el desarrollo de la agricultura con el objetivo de cumplir las demandas que exige la sociedad.

Teoría de Sistemas. Este enfoque surge como una necesidad debido a la insuficiente capacidad de las disciplinas para enfrentarse a problemas teóricos, especialmente a las ciencias biológicas y sociales (Bertalanffy, 1986). Para comprender la Teoría de Sistemas se debe reconocer la importancia y el empleo del concepto de Sistema. Para Bertalanffy (1986) el sistema es el conjunto de elementos interdependientes e interactuantes, o el grupo de unidades combinadas que forman un todo organizado y cuyo resultado o salida es mayor al resultado que las unidades podrían tener si funcionaran independientemente. Para Sandoval-Castro y Villanueva-Jiménez (2009) los AES son la unidad de estudio de los sistemas de producción agrícola, donde el control humano es fundamental para la interacción de los recursos naturales del paisaje los cuales contribuyen a la

producción de alimentos y materias primas que la sociedad demanda, así como la improvisación del sustento de la población rural.

Los agroecosistemas cañeros como parte de un sistema cuentan con la participación de productores, de organizaciones cañeras, industria y el gobierno como su principal controlador, además de agentes y procesos externos quienes son los que regulan los procesos de producción. Como un subconjunto de los AES cañeros, el cultivo caña de azúcar, enfrenta diversos problemas de carácter físico, biológico y ecológico lo cuales al interactuar con este sistema, afectan su rentabilidad y producción, ejemplo de ellos son las plagas insectiles.

Manejo Integrado de Plagas (MIP). La práctica del MIP, ha tomado gran importancia desde que se empezó a emplear el término de “Control Integrado” (Stern *et al.*, 1959). Actualmente el MIP constituye un avance importante en el desarrollo del control de las plagas que afectan los cultivos y cuenta con diferentes conceptos los cuales se han manejado a través del tiempo. Dent (1995) lo define como un sistema de manejo de plagas, bajo la interacción socioeconómica y ambiental fuertemente influenciada por la dinámica poblacional del insecto en estudio, donde se utilizan las mejores tácticas compatibles entre sí, con la finalidad de mantener los niveles de plaga por debajo del umbral económico.

Tácticas de control. Para la toma de decisiones se deben conocer y emplear las siguientes tácticas: 1) muestreos, con la finalidad de determinar la densidad poblacional, 2) conocer el nivel de daño económico y 3) determinar los factores de mortalidad que regulan las poblaciones de insectos (Barfield, 1989). Por lo que, estas tácticas aplicadas al sistema agrícola ayudan a la disminución de los costos de producción; quienes se convierten en un factor importante para lograr la sustentabilidad y conservación del ambiente (Kogan, 1998).

Muestreo. Es la técnica que permite realizar inferencias sobre algún parámetro de interés de la población. En este contexto, una muestra es un subconjunto de la población por lo que los elementos que constituyen la muestra se denominan unidades de muestreo (López-Collado, 2015). Un elemento esencial de cualquier programa de manejo de plagas, es la capacidad de determinar si una población tiene el tamaño suficiente para causar un daño económico; esta capacidad requiere disponer de umbrales económicos confiables y de una adecuada técnica de muestreo para tomar decisiones inteligentes y racionales (Andrews y Quezada, 1989). Entre las ventajas de estudiar una población a partir de sus muestras podemos encontrar: la reducción de costos, esto sucede cuando se obtiene de forma precisa los datos que buscamos, y de esta manera los gastos empleados disminuyen. Mayor rapidez, cuando los datos pueden recolectarse y resumir rápidamente con una muestra. Mejores posibilidades, cuando se llega a una conclusión con una pequeña parte de la población. Además, es de suma importancia el conocimiento de la distribución espacial de la plaga a estudiar, las más comunes son: al azar, uniforme y en agregados. La distribución al azar se cumple cuando todos los individuos de la población tienen la misma probabilidad de ocupar cualquier punto en el espacio o unidad muestral. La distribución uniforme ocurre cuando se encuentran dos o más individuos en un mismo espacio es baja, lo que puede indicar un comportamiento de competencia y territorialidad. La distribución en agregados describe una condición espacial en donde la densidad está localmente centrada, debido a factores bióticos o abióticos (Badii y Castillo, 2009).

4.2. Marco de Referencia

Manejo de poblaciones de mosca pinta. Actualmente se utilizan métodos biológicos de control de la mosca pinta (Bautista-Gálvez y González-Cortes, 2005), especialmente dirigidos a los adultos y ninfas; ejemplo de ellos son los bioinsecticidas a base de hongos entomopatógenos (*Metarhizium*

anisopliae y *Beauveria bassiana*) y nematodos (*Steinernema* sp. y *Hexameris* sp) (Matabanchoy *et al.*, 2012; Ferrer *et al.*, 2004). Sin embargo, los productos químicos siguen siendo importantes en el control (Márquez *et al.*, 2001). Para reducir el impacto negativo de esta plaga se busca detectar de forma temprana sus poblaciones, lo que pudiera favorecer la aplicación de las estrategias de combate y así reducir las pérdidas en producción de caña azúcar (Villanueva *et al.*, 2012a). El control etológico es utilizado en algunos ingenios del Centro de Veracruz; es otra de las estrategias con resultados importantes para el manejo de la mosca pinta, ya que aprovecha el comportamiento del adulto. Consiste en colocar 100 trampas pegajosas de color verde o amarilla por hectárea, las cuales atrapan a cientos de adultos de mosca pinta (Linares, 1984).

Muestreo de huevos de mosca pinta. Rodríguez y Alfaro (1999) propusieron un protocolo para la cuantificación de la densidad de huevos de mosca pinta en terrenos sembrados con caña de azúcar. El objetivo de la propuesta fue la utilización de nuevas técnicas que permitan anticipar o predecir los niveles con los que la plaga podría aparecer en la parcela. La información analizada y aplicada correctamente proporcionaría un diagnóstico temprano del estado sanitario de las zonas muestreadas, lo que permitiría concentrar los recursos disponibles para la planeación, programación y cumplimiento de las prácticas culturales y demás labores terapéuticas. Parte de esta metodología ha sido la base de algunas investigaciones realizadas en Veracruz en 2013, dentro del Proyecto Nacional “Diseño de un Programa Contemporáneo de Manejo Integrado de Mosca Pinta en Caña de Azúcar” (Villanueva-Jiménez *et al.*, 2012b). Villanueva-Jiménez *et al.* (2012b) realizaron muestreos de suelo para el conteo de huevos, y propusieron la reducción del marco tradicional por uno de menor tamaño que disminuye el trabajo del muestreo en campo (Figura 4). Además, propusieron evaluar una rastra fitosanitaria como medida de control cultural de huevos,

la cual ayuda a lograr niveles bajos de poblaciones iniciales de adultos (Hernández-Rosas *et al.*, 2013).



Figura 4. Marcos muestreadores para el conteo de huevos de mosca pinta en caña de azúcar.
a) 15x15x5 cm y b) 30x30x5 cm

A través de un sistema de información geográfica, Figueredo *et al.* (2011) mostraron que la distribución espacial de huevos de *Aeneolamia varia* en Venezuela es en agregados, y concluyen que la caracterización de la distribución espacial de la fase huevo, proporciona la base para establecer el desarrollo más preciso y eficiente de métodos de muestreo en campo, bajo el contexto de un programa de vigilancia y pronóstico.

5. LITERATURA CITADA

- Andrews, K. L., y J. R. Quezada. 1989. Manejo Integrado de Plagas Insectiles en la Agricultura: Estado Actual y Futuro. Eds. El Zamorano, Honduras. Depto. de Protección Vegetal. Escuela Agrícola Panamericana. pp: 195-201.
- Badii, M. H., y J. V. Castillo. 2009. Muestreo estadístico: Conceptos y aplicaciones. Primera Edición. Eds. Universidad Autónoma de Nuevo León, Monterrey, México. pp: 59-114.
- Badilla F. 1997. Plagas de importancia económica de la caña de azúcar en Latinoamérica y principales estrategias de control. *In: Congreso Costarricense de Entomología*. San José, Costa Rica. pp: 77-79.
- Badilla F. y Sáenz C. 1996. Utilización de trampas amarillas como criterio de muestreo de poblaciones de “Salivazo” *Aeneolamia postica* y *Prosapia* sp. *In: X Congreso Nacional*. Dirección de Investigación y Extensión de la Caña de Azúcar (DIECA). San José Costa Rica. 339 p.
- Barfield, C. S. 1989. El muestreo en el manejo integrado de plagas. *In: Manejo de plagas insectiles en la Agricultura*. Honduras, Escuela Agrícola Panamericana. Departamento de Protección Vegetal. p. 141-161.
- Barrientos, A., R. S. Herrera, N. Dorta, y C. Mora. 1988. Evaluación de las pérdidas en el rendimiento y calidad de *Cynodon dactylon* vs *Coast cross* No. 1 provocadas por *Monecphora bicincta fraterna* (Uhler). *Rev. Cub. Cienc. Agric.* 22(3): 303-307.
- Bautista-Gálvez, A., y N González-Cortes. 2005. Tres dosis de *Metarhizium anisopliae* sobre la mosca pinta (*Aeneolamia* spp.) en caña de azúcar en la región de los ríos, estado de Tabasco *Univ. Ciencia*. 21(41): 37-40.
- Bertalanffy, L. 1986. Teoría General de Sistemas.: Fundamentos, Desarrollo y Aplicaciones. 5^{ta} reimpresión. Fondo de Cultura Económica, S.A. de C.V. México, D.F. 311 p.
- Bustillo, P., y U. Castro. 2011. El salivazo de la caña de azúcar *Aeneolamia varia* (F.) (Hemiptera: Cercopidae). Hábitos, biología y manejo de poblaciones. Cenicaña. Serie divulgativa 11. 16 p.
- COMIP (Comité de Manejo Integrado de Plagas de la Caña de Azúcar). 1998. Manejo Integrado de la Chinche Salivosa en Caña de Azúcar. CENGICAÑA. Guatemala. 33 p.
- Cuadra, P., y J. M. Maes. 1990. Problemas asociados al muestreo de *Dalbulus maidis* (Delong y Wolcott) en maíz en Nicaragua. *Rev. Nica. Entomol.* 13:29-55.
- De la Cruz-Llanas, J. J., J. Vera-Graziano, J. López-Collado, V. M. Pinto, y R. Garza-García. 2005. Una técnica simple para el desarrollo de ninfas de *Aeneolamia postica* (Homoptera: Cercopidae). *Fol. Entomol. Mex.* 44(1): 91-93.

- De Yta Cabrera, E. J., y R. Cruz Balcázar. 2005. Dinámica poblacional de mosca pinta en plantillas y socas de caña de azúcar en Úrsulo Galván, Veracruz. *In: XVIII Reunión Científica-Tecnológica Forestal y Agropecuaria Veracruz 2005*. 303 p.
- Dent, D. 1995. *Integrated Pest Management*. Chapman & Hall. London. 356 p.
- Dinador-Miranda, L. L., A. C. Machado-Vasconcelos, S. R. Vieira, J. Vilela-Fracasso, and C. R. Greco. 2007. Use of geostatistics to evaluate *Mahanarva fimbriolata* (Stal) (Hemiptera: Cercopidae) spatial distribution on sugarcane. *Brag. Camp.* 66 (3): 449-455.
- Estrada, D. A., M. L. Quiñones, D. M. Sierra, D. A. Calle, F. R., H. F. Erazo, y Y. M. Linton. 2003. Utilidad de la morfología de los huevos como un método indirecto para identificar *Anopheles benarrochi* Gabaldon, *Anopheles oswaldoi* (Peryassu) y *Anopheles rangeli* Gabaldon. *Biomédica*. 23(4): 388-395.
- Fernández, M., y A. Ramos. 1986. Biología de *Prosapia (Monecphora) bicincta fraterna* (Homoptera: Cercopidae) en caña de azúcar y pasto. *Revista de Protección Vegetal (Cuba)* 1:43-50.
- Ferrer, F., M. Arias, A. Trelles, G. Palencia, J. M. Navarro, y R. Colmenarez. 2004. Posibilidades del uso de nematodos entomopatógenos para el control de *Aeneolamia varia* en caña de azúcar. *Rev MIP. Agroecol.* 72: 39-43.
- Figueredo, L., O. Andrade, M. Niño, J. Quintero, y G. Azad. 2011. Distribución espacial de huevos de *Aeneolamia varia* (Fabricius) (Hemiptera: Cercopidae) en caña de azúcar a través de un sistema de información geográfica. *Rev. Unell. Cienc. Tec.* 29: 59-66.
- Flores, C. S. 1994. *Las Plagas de la Caña de Azúcar en México*. Ed. Silverio Flores Cáceres, México, D.F. 350 p.
- Fontes, E. G; C. S. S. Pires, and E. R. Sujii. 1995. Mixed risk-spreading strategies and the population dynamics of a Brazilian pasture pest, *Deois flavopicta* (Homoptera: Cercopidae). *J. Econ. Entomol.* 88(5): 1256-1262.
- Gliessman, S. R. 2002. *Agroecología: Procesos ecológicos en agricultura sostenible*. Rodríguez, E., T. Benjamín., L. Rodríguez., y A. Cortés. (Eds.) Turrialba, Costa Rica. CATIE. 359 p.
- Gómez, L. A. 2007. Manejo del salivazo *Aeneolamia varia* en cultivos de caña de azúcar en el Valle del Río Cauca. *CENICANA, Colombia. Carta trimestral.* 29(2-3): 10-17.
- Guagliumi, P. 1972. *Pragas da cana-de-acúcar, Nordeste do Brasil*. Rio de Janeiro, Brasil. Instituto do açúcar e do Álcool, Divisao administrativa. Coleção Canavieira no. 10. 622 p.
- Hart, D. 1985. *Conceptos básicos sobre Agroecosistemas*. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. Turrialba, Costa Rica. 156 p.
- Hernández X., E. 1977. *Agroecosistemas de México*. Colegio de Postgraduados. Escuela Nacional de Agricultura. Estado de México. 42 p.

- Hernández-Rosas, F., G. Pantaleón-Paulino, H. Ortiz-Laurel, W. Garcia Morales, M. Cruz-Tobón, G. Hernández-Rodríguez, y K. A. Figueroa-Rodríguez. 2013. La rastra fitosanitaria para el control de los huevos de mosca pinta. Folleto tecnológico. Diseño de un programa contemporáneo de manejo integrado de mosca pinta en caña de azúcar. 1-2 p.
- Hilje, L. 1996. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. Costa Rica. Serie Materiales de Enseñanza No. 37. pp. 22-28.
- Kogan, M. 1998. Integrated pest management: Historical perspectives and contemporary developments. *Annu. Rev. Entomol.* 43: 243-270.
- Linares, B. 1984. Metodología de evaluación de candelilla y *Diatraea* en ensayos de variedades de caña de azúcar. *Caña de Azúcar.* 2(2): 109-113.
- López-Collado, J. 2015. Principios del muestreo fitosanitario. Colegio de Postgraduados Campus Veracruz. Veracruz, México. pp 1-20.
- Márquez, .M., H. Hidalgo, y J. Asencio. 2001. Estudio de las pérdidas causadas por chinche salivosa en tres etapas fenológicas de la caña de azúcar. *In: Memoria. Presentación de Resultados de Investigación. Zafra 2000/2001.* Guatemala, CENGICANÑA. pp. 82-85.
- Márquez, J. M., A. Ortiz, V. H. Motta, J. M. Lemus, E. D. Torres, y S. P. Aguirre. 2009. Evaluación de la eficiencia de planes de manejo integrado de chinche salivosa: Efecto de nuevos productos en el control de la población de ninfas y adultos de chinche salivosa (*Aeneolamia postica*). Folleto Técnico. CENGICANÑA, Guatemala. pp. 116-159.
- Martin, R. M., J. R. Cox, D. G. Alston, and F. F. Ibarra. 1995. Spittlebugs (Homoptera: Cercopidae) life cycle on buffelgrass in northwestern Mexico. *Ann. Entomol. Soc. Am.* 88(4):471-478.
- Martínez D., J. P. 2004. El concepto de Agroecosistemas: Un enfoque cibernético. *In: 1er Coloquio Internacional sobre Agroecosistemas y Sustentabilidad.* Documento de discusión interna del Campus Veracruz. Tepetates, Veracruz, México.
- Matabanchoy S, J. A., A. E. Bustillo P., y U. V. Castro, N. C. Mesa C., y C. A. Moreno G. 2012. Eficacia de *Metarhizium anisopliae* para controlar *Aeneolamia varia* (Hemiptera: Cercopidae), en caña de azúcar. *Rev. Col. Entomol.* 38 (2): 177-181.
- Obando, J. A Bustillo, U. Castro, y N. Mesa. 2013. Selección de cepas de *Metarhizium anisopliae* para el control de *Aeneolamia varia* (Hemiptera: Cercopidae). *Rev. Col. Entomol.* 39(1): 26-33.
- Peck, D. C. 1998. Natural history of the spittlebug *Prosapia nr. bicincta* (Homoptera: Cercopidae) in association with dairy pastures of Costa Rica. *Ann. Entomol. Soc. Am.* 91:435-444.
- Rebolledo, R., y M. Arroyo. 1995. Estudio del comportamiento de *Trogoderma granarium* Everts (Coleóptera: Dermestidae) en diapausa debida a la ausencia de alimento. *Boletín de Sanidad Vegetal. Plagas* 21: 319-327.

- Rivera, N. A., y H. O. Romero. 2003. Evaluación del nivel de transferencia y adopción de tecnología en el cultivo de caña de azúcar en Córdoba, Veracruz, México. *Caña de Azúcar*. 21(2):20-40.
- Rodríguez, A., y D. Alfaro. 1999. Protocolo para la cuantificación de la densidad de huevecillos de salivazo, *Aeneolamia postica* (Homoptera: Cercopidae), en terrenos sembrados con caña de azúcar en Costa Rica. *In: Memoria del XI Congreso Nacional Agronómico y de Recursos Naturales*. San José, Costa Rica. p: 143.
- Sáenz, C., D. Alfaro, J. D. Salazar, A. Rodríguez, y R. Oviedo. 1999. Evolución histórica del manejo de plagas en el cultivo de la caña de azúcar en Costa Rica. *In: XI Congreso Nacional Agronómico / V Congreso Nacional de Entomología*. San José, Costa Rica. pp. 147-153.
- Salazar V., J., F. Ferrer W., y G. Pérez N. 1983. Nuevo método para la evaluación de poblaciones de la candelilla de la caña de azúcar *Aeneolamia varia*. *Caña de azúcar*. 1(1): 5-22.
- Sandoval-Castro, C. A., and J. A. Villanueva-Jiménez. 2009. Scope, sections, policies and language issues in TSA. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*. 10(2): 1-2.
- SIAP. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. 2014. Anuario de estadísticas básica agrícola. México <http://www.siap.gob.mx/> cita: 01-dic-14.
- Stern, V. M., R. F. Smith, R. Van den Bosch, and K. S. Hagen. 1959. The integrated control concept. *Hilgardia* 29: 81-101.
- Utrera-Vélez, 2005. Dispersión de adultos de *Aeneolamia postica* (Walker) Fennah (Hemiptera: Auchenorrhyncha: Cercopidae). Tesis de Maestría. Colegio de Postgraduados. Montecillo, Texcoco, Edo., de México. p 15.
- Villanueva, J. A., F. Hernández-Rosas, J. López-Collado, R. Alatorre-Rosas, K. Figueroa-Rodríguez, H. Cabrera-Mireles, Y. Utrera-Vélez, G. Pantaleón-Paulino y J. J. Canela-Cantellano. 2012a. Manual de Manejo Integrado de Mosca Pinta en Caña de Azúcar. Colegio de Postgraduados-Fundación Produce de Veracruz, A.C. Veracruz, México. 100 pp.
- Villanueva-Jiménez, J. A., H. Cabrera-Mireles, J. J. Canela Cantellano, Y. Utrera Vélez G. Pantaleón-Paulino y J. López-Collado. 2012b. Sistema de Muestreo de Mosca Pinta. Folleto técnico. Colegio de Postgraduados-Fundación Produce de Veracruz, A.C. Veracruz, México. 16 p.

**CAPÍTULO I. UNIDAD DE MUESTREO EFICIENTE EN LA DETECCIÓN DE
HUEVOS DE MOSCA PINTA *Aeneolamia albofasciata* (Lallemand) EN CAÑA DE
AZÚCAR**

José Jair Canela-Cantellano¹, José López-Collado¹, Sergio Salgado-García², Héctor Cabrera-
Mireles³, Juan A. Villanueva-Jiménez^{1*}

**SAMPLING UNIT EFFICACY IN THE DETECTION OF *Aeneolamia albofasciata*
(Lallemand) EGGS IN SUGAR CANE**

*Enviado a la Revista Neotropical Entomology, se encuentra en revisión.

¹Colegio de Postgraduados, Campus Veracruz. Km 88.5 Carretera Federal Xalapa-Veracruz. Mpio. Manlio F. Altamirano, Veracruz. México. C.P. 91690.

²Colegio de Postgraduados, Campus Tabasco. Km 3.5 Periférico Carlos A. Molina s/n, Cárdenas, Tabasco. México. C.P. 86500.

³ Campesino 659-5 Col. Cándido Aguilar, Veracruz, Veracruz. México. C.P. 91789.

*Autor para correspondencia: javj@colpos.mx

RESUMEN

El muestreo de huevos de mosca pinta, *Aeneolamia albofasciata* (Lallemand) se aplica para predecir la población de adultos que pueden dañar al cultivo de caña de azúcar. Convencionalmente se utiliza un marco de hierro de 30x30x5 cm, lo cual significa un gran esfuerzo de muestreo por la cantidad de suelo extraído. El objetivo del trabajo fue comparar la eficiencia del marco muestreador (30x30x5 cm) con uno de menor tamaño (15x15x5 cm) para estimar la cantidad de huevos de mosca pinta en caña de azúcar a través del tiempo. Se realizaron muestreos de suelo en cuatro parcelas de caña de azúcar, cultivadas con las variedades MEX 69-290 y MEX 91-662, en ciclos de cultivo de resoca. Se seleccionaron sistemáticamente 40 cepas como puntos de muestreo; con los marcos muestreadores se extrajo suelo cercano a la cepa. Se lavó el suelo en tamices de 30, 40 y 60 mallas; se extrajeron los huevos de mosca pinta mediante flotación a base de soluciones salinas y se contabilizaron. Al comparar los marcos muestreadores, la cantidad de huevos de mosca pinta por submuestra en las cuatro parcelas muestreadas ($p=0.7701$) fue similar: (2.012 ± 0.07 M15 y 2.04 ± 0.07 M30). En los muestreos realizados en la Parcela 2, la cantidad de huevos también fue similar: (2.12 ± 0.07 M15 y 2.05 ± 0.07 M30), lo que indica que durante las tres fechas de muestreo los marcos estimaron valores similares ($p=0.5156$). El M15 fue más eficiente, ya que redujo el tiempo en el esfuerzo de muestreo a un 15%; además la cantidad de suelo removido fue un 75% menos que el M30, lo que facilitó su manejo en campo y en laboratorio.

Palabras clave: Mosca pinta, huevos, marcos muestreadores, muestreo sistemático.

ABSTRACT

The sampling of spittlebug *Aeneolamia albofasciata* (Lallemand) eggs is performed in order to predict the population of adults that could cause damage to sugar cane crops. Conventionally, an iron frame measuring 30x30x5 cm (M30) is used, which results in a high sampling effort due to the amount of soil extracted. The objective of this study was to compare the egg sampling efficiency over time between the M30 sampling frame and a smaller frame (15x15x5 cm = M15). Soil samples were taken from four plots of sugar cane planted with the MEX 69-290 and MEX 91-662 varieties, in ratoon crop cycles. Forty stools were systematically selected as sampling points; soil close to the stools was collected using the sampling frames. The soil was washed in 30, 40, and 60 mesh sieves; spittlebug eggs were extracted by flotation in saline solutions and counted. Comparison of the sampling frames revealed that the number of spittlebug eggs by subsample in the four plots ($p=0.7701$) was not different (2.012 ± 0.07 M15 and 2.04 ± 0.07 M30). In samples taken from Plot 2, number of eggs was also similar (2.12 ± 0.07 M15 and 2.05 ± 0.07 M30), indicating that on the three sampling dates the estimated values between frame sizes were not different ($p=0.5156$). M15 sampling frame was more efficient, since it reduced the sampling effort time by 15%. In addition, the amount of soil collected was 75% less than with M30, which facilitated soil handling and processing.

Key words: Spittlebug, eggs, sampling frames, systematic sampling.

1.1. INTRODUCCIÓN

La mosca pinta o “salivazo” [*Aeneolamia albofasciata* (Lallemand)] es una plaga de interés económico que ataca al cultivo de caña de azúcar [*Saccharum officinarum* (Linnaeus)] (García *et al.*, 2006); el nombre de “salivazo” proviene principalmente de la espuma que secreta en su estado ninfal, la cual le sirve para protegerse de microclimas adversos y de enemigos naturales (Obando *et al.*, 2013). Las ninfas se alimentan de las raíces y el adulto de los tallos y hojas de la planta (Linares y Pérez, 1985), lo que provoca manchas lineales cloróticas, las cuales paulatinamente se tornan amarillas y luego necróticas (Badilla, 2002). El daño ocasionado por el adulto disminuye la capacidad fotosintética, lo que reduce la tasa de crecimiento y la producción de sacarosa en los tallos (Linares y Contreras, 1984).

La dinámica poblacional de estos insectos está influenciada principalmente por la precipitación y la temperatura (Castro *et al.*, 2005). Los primeros picos poblacionales de ninfas y adultos aparecen días después de iniciar las lluvias y se prolongan durante toda la temporada, donde se observan varias generaciones de manera escalonada o superpuesta (King, 1975b; Oomen, 1975; Peck, 1998).

La hembra de mosca pinta pone huevos diapáusicos con mayor abundancia al final de la temporada de lluvias (Figueredo *et al.*, 2003), los cuales se encuentran en el suelo y de forma natural eclosionan al inicio de la temporada de lluvias del siguiente año (Badilla, 2002). El suelo es el sustrato preferido para la oviposición, por lo que la hembra deposita sus huevos alrededor de la cepa de caña de azúcar, entre las raíces y enterrados a pocos centímetros de profundidad (Thompson y León, 2005).

A pesar de que el huevo no ocasiona daño alguno, su cuantificación permite conocer y predecir la densidad poblacional de la primera generación de mosca pinta (Aquad *et al.*, 2011) y por ende su

daño potencial en la parcela; lo que permite aplicar medidas preventivas de control. Ejemplos de éstas son la requema, el aporque y el desaporque, el control de maleza y el paso de rastra fitosanitaria (Badilla, 2002). Esta última expone los huevos del insecto a condiciones ambientales adversas que reducen su viabilidad (Ortiz-Laurel *et al.*, 2014).

Para el muestreo de huevos de mosca pinta se utilizan varias técnicas y procedimientos. Martin *et al.* (1995) usaron una barrena de perforación de 12.0 cm de diámetro enterrándola a 5 cm profundidad lo más cercano a la base de plantas de zacate buffel (*Cenchrus ciliaris* L.). King (1975a) empleó dos técnicas para la extracción, distribución y muestreo de huevos del cercopido *Aeneolamia varia saccharina* (Distant): 1) 1/8 de suelo obtenido de un raspado del centro de la cepa hasta 12.5 cm por fuera del último tallo y 2) una cucharada de 20 g de suelo extraída en una línea radial desde el centro de la cepa hasta 10 cm por fuera del último tallo. Al comparar estas técnicas, King determinó que con muestras pequeñas de suelo, la eficiencia en extracción y conteo de huevos es mejor que con muestras más grandes, además que el proceso se vuelve más rápido.

En el Ingenio Motzorongo, Ver., México, se usa un marco de hierro de 30 cm de lado, el cual se entierra entre la cepa recién cortada a una profundidad de 5 cm (Pantaleón G, Motzorongo sugar mill, Veracruz, México, pers. com.). El suelo contenido en el marco se colecta para posteriormente obtener una submuestra de 250 g. El número de huevos se obtiene al pasar la submuestra por el proceso de tamizado, decantación y separación por diferencias de densidades. La información de cada muestra se utiliza para tomar la decisión de aplicar un método de control en el suelo (Figueredo *et al.*, 2011; Ortiz-Laurel *et al.*, 2014).

Un inconveniente del marco muestreador de 30x30x5 cm es que el manejo de un volumen de 4,500 cm³ de suelo (aproximadamente 6.0 kg de peso por marco), requiere un esfuerzo adicional por

parte del operador; por esto sería conveniente aplicar un marco muestreador que requiera menor cantidad de suelo y menor esfuerzo de trabajo. El objetivo del trabajo fue comparar la eficiencia del marco muestreador tradicional (30x30x5 cm) con uno de menor tamaño (15x15x5 cm) para estimar la cantidad de huevos de mosca pinta en parcelas de caña de azúcar a través del tiempo.

1.2. MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio

La investigación se realizó en cuatro parcelas comerciales de caña de azúcar con superficie mayor de 3 ha ubicadas en Veracruz, México: Parcela 1: 19°19'56.06'' N, 96°22'11.75'' O, Parcela 2: 19°20'20.11'' N, 96°21'12.20'' O, cultivadas con la variedad MEX 69-290 ambas en ciclos resoca 5. Las otras dos parcelas: Parcela 3: 19°18'50.87'' N, 96°21'20.74'' O y Parcela 4: 19°18'21.50'' N, 96°22'5.88'' O, fueron cultivadas con la variedad MEX 91-662 en ciclos de resoca 4 y 5 respectivamente.

Análisis de suelo

Para determinar las características físicas y químicas del suelo de las cuatro parcelas de caña de azúcar muestreadas, se realizó un análisis de suelo con los métodos de la NOM-021-RECNAT (2001).

Fechas de muestreo

Para determinar la eficiencia de los marcos muestreadores en la cantidad de huevos obtenida bajo diferentes condiciones de campo, se realizó un muestreo a las cuatro parcelas de caña de azúcar el

23 de julio de 2012. Para determinar la eficiencia de los marcos muestreadores en el tiempo, se realizaron tres muestreos a la Parcela 2: el primero fue el 23 de julio, el segundo el 11 de agosto y el tercero el 30 de agosto de 2012.

Método de muestreo

Se seleccionó una fracción compacta de 1.0 ha, a la cual se le marcó un borde de 6 m de cada lado con el fin de evitar el efecto de orilla; el cultivo al interior del borde se consideró como parcela útil. Se seleccionaron de manera sistemática 40 cepas de caña de azúcar por parcela, cada cepa fue considerada un punto de muestreo. Se utilizaron dos marcos muestreadores de hierro, uno de 30x30x5 cm (M30) y otro de 15x15x5 cm (M15). En cada punto de muestreo se enterraron ambos marcos muestreadores lo más pegado a la base de la cepa hasta el ras del suelo, uno opuesto al otro con respecto a la cepa de caña de azúcar y sobre el mismo surco. Para obtener el suelo de cada marco, se desenterraron utilizando una pala recta insertada en la base del marco; el suelo se colocó en bolsas de plástico previamente etiquetadas.

Extracción de huevos de mosca pinta

Cada muestra de suelo se pesó y se homogeneizó; se tomó una submuestra de 250 g de suelo, equivalente a un volumen de 208.3 cm³. La submuestra se vació en un recipiente y se mezcló con una solución saturada de NaCl (70%), se dejó en reposo por 30 min en un recipiente de plástico; posteriormente se pasó a través de un juego de tamices (30, 40 y 60 mallas) y se lavó con agua corriente a presión. Las partículas más grandes de suelo se retuvieron en el primero y segundo tamiz; en el tercer tamiz se retuvieron las partículas de suelo más finas y los huevos de mosca pinta. El contenido del tamiz de 60 mallas se vació en un embudo de separación de 500 ml, al cual se le agregó una solución de NaCl al 30% y se dejó en reposo durante 10 min. Las partículas más

grandes se precipitaron al fondo del embudo por diferencia de densidades, la que se desecharon al vaciar la mayoría de la solución salina. Los huevos de mosca pinta flotaron o se pegaron a las paredes del embudo. Los huevos contenidos en el sobrenadante se retuvieron en un cuadro de tela de organza de 7x10 cm. En el mismo recuadro se retuvieron los huevos contenidos en las paredes del embudo, lavados con agua corriente de una piseta de plástico de 500 ml, lo que también arrastró algunas partículas de suelo. La tela de organza con los huevos de cada submuestra se colocó sobre círculos de papel filtro en una caja de Petri de 10 cm.

Conteo de huevos de mosca pinta

A las cajas de Petri se les agregaron 10 ml de agua destilada para humedecer las partículas de suelo y facilitar su manejo al contar los huevos de mosca pinta. Se utilizó un microscopio estereoscópico Stemi DV4 Carl Zeiss®, pinzas de disección y pinceles para separar los huevos del suelo y colocarlos en cajas de Petri de 5 cm; se registró el número de huevos presentes en las submuestras.

Esfuerzo de muestreo

Para comparar el esfuerzo de muestreo aplicado a cada marco muestreador (M15 y M30), se registró el tiempo de todas las actividades durante el muestreo de huevos de mosca pinta por parcela y por marco muestreador en una jornada de muestreo. Incluyó el registro del tiempo desde la preparación de material de campo y laboratorio, el traslado a cada una de las parcelas de caña de azúcar, la extracción de suelo en campo y el lavado de muestras de suelo; además, se incluyó el conteo de huevos de mosca pinta en las submuestras realizado posteriormente en laboratorio.

Análisis estadístico

Al total de huevos obtenidos por submuestra se les aplicó la prueba de homogeneidad de varianzas (PROC UNIVARIATE, SAS 9.4). Posteriormente, estos datos de conteo se transformaron mediante $\sqrt{(x+1)}$, lo cual generó una aproximación a la distribución normal y redujo el coeficiente de variación a 43.97%. Para determinar la eficiencia de los marcos muestreadores se aplicó un análisis factorial 2x4 para dos marcos muestreadores utilizados en cuatro parcelas de caña de azúcar con 40 repeticiones (PROC GLM). Para comprobar el efecto del tiempo de muestreo en la eficiencia de los marcos muestreadores, se aplicó un análisis de medidas repetidas en el tiempo (PROC MIXED). La separación de medias de los efectos principales se realizó mediante la prueba de Tukey ($p \leq 0.05$) (SAS Institute Inc., 2014).

1.3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Fertilidad de suelo

El pH del suelo de las parcelas muestreadas se clasificó como medianamente alcalino. Existió diferencias en el contenido de arcilla, lo que determinó en las cuatro parcelas dos clases de texturas de suelo: franco arcilloso y arcilloso. El contenido de materia orgánica en el suelo en las cuatro parcelas fue alto y no presentó salinidad ($< 1.0 \text{ dS m}^{-1}$). Los macro y micronutrientes (hierro, cobre y manganeso) se encontraron en niveles adecuados ($> 1.0 \text{ mg kg}^{-1}$); sólo en la Parcela 1 el contenido de zinc (0.90 mg kg^{-1}) se consideró marginal (Cuadro 1). Es probable al ser suelos de buena fertilidad que favorece el desarrollo del cultivo de caña de azúcar (Salgado-García *et al.*, 2013), se considera que no debería ser un factor detrimental para el desarrollo de la plaga.

Cuadro 1. Características químicas y físicas del suelo de las parcelas de caña de azúcar muestreadas.

Parcelas	Variedad y ciclo de cultivo	pH	MO [†]	CE [¶]	N [§]	P ^ᵖ	K ^ᵃ	Ca ^{††}	Mg ^{¶¶}	Fe ^{§§}	Cu ^{ᵖᵖ}	Zn ^{ᵃᵃ}	Mn ^{†††}	Textura
			(%)	dS m ⁻¹	(%)	mg kg ⁻¹	cmol (+) kg ⁻¹	mg kg ⁻¹						
1	MEX 69-290-R5	8.1	3.9	0.12	0.20	12	0.4	35.2	4.2	16	0.9	0.9	20	Franco arcillosa
2	MEX 69-290-R5	7.6	4.3	0.12	0.22	36	0.5	28.3	5.2	27	2.2	2.2	32	Arcillosa
3	MEX 91-662-R4	8.0	4.5	0.14	0.22	28	0.5	36.2	7.2	32	1.1	1.1	26	Arcillosa
4	MEX 91-662-R5	7.4	3.1	0.11	0.15	46	0.5	22.6	5.6	27	4.8	4.8	32	Franco arcillosa

[†]Materia orgánica; [¶]Conductividad eléctrica; [§]Nitrógeno total, ^ᵖ Fosforo; ^ᵃPotasio, ^{††}Calcio, ^{¶¶}Magnesio, ^{§§}Hierro, ^{ᵖᵖ}Cobre, ^{ᵃᵃ}Zinc, ^{†††}Manganeso.

Unidad de muestreo eficiente en diferentes parcelas

El análisis de varianza del total de huevos por submuestra no presentó diferencias significativas para el efecto de la interacción entre los marcos y las parcelas ($p=0.9209$), ni por los marcos muestreadores ($p=0.7701$); sin embargo, si mostró diferencias ($p<0.0001$) atribuibles a las parcelas (Cuadro 2). La ausencia de diferencia entre los marcos muestreadores, indica que se puede utilizar el marco de menor tamaño en sustitución del mayor; con ello se reduciría el esfuerzo de muestreo considerablemente. Este hallazgo concuerda con lo reportado por King (1975a), quien demostró que la utilización de muestras pequeñas resulta tan eficiente para la estimación de huevos de mosca pinta como las muestras de mayor tamaño, además de reducir el esfuerzo que se emplea para su obtención.

Las Parcelas 2 y 4 presentaron mayor cantidad de huevos en las submuestras, comparado con las Parcelas 1 y 3 (Cuadro 2). Estas diferencias ocurrieron a pesar de que las parcelas se encuentran en un valle de una misma zona agroecológica. Por ello, las variedades, el ciclo de cultivo y la textura del suelo no fueron determinantes para explicar dichas diferencias. Carvalho (1985) afirma que las hembras prefieren ovipositar en suelos arcillosos con porcentajes de saturación moderada; en este caso la oviposición ocurre en suelos ligeramente alcalinos, con textura franco-arcillosa a arcillosa, adecuados para la oviposición de hembras de mosca pinta, por el contenido de humedad.

En la separación de medias, la cantidad de huevos en las Parcelas 2 y 4 fue mayor en comparación con las otras parcelas (Cuadro 2). El control de maleza, el aporque y el paso del arado para favorecer el drenaje realizado por los productores en estas dos parcelas posiblemente no se efectuó de forma adecuada; esta deficiencia en el manejo del cultivo se ha reportado como un factor que influye en la cantidad de huevos de mosca pinta (Linares y Pérez, 1985; García-García *et al.*, 2006).

El número de huevos muestreados con ambos marcos indican una infestación baja, comparados con los 18.2 huevecillos en promedio obtenidos de un muestreo de 30 sitios cultivados con caña de azúcar en Yaracuy, Venezuela (Figueredo *et al.*, 2011).

Cuadro 2. Promedio (\pm error estándar) de huevos de mosca pinta *A. albofasciata* por submuestra obtenidos con marcos de muestreo de tamaño diferente en cuatro parcelas de caña de azúcar en Veracruz, México.

Parcelas	Huevos en submuestra		Promedio por parcelas
	M15 [†]	M30 [‡]	
1	1.74 \pm 0.12a	1.74 \pm 0.12a	1.74 \pm 0.08b
2	2.08 \pm 0.12a	2.22 \pm 0.13a	2.15 \pm 0.09 ^a
3	1.75 \pm 0.14a	1.73 \pm 0.12a	1.74 \pm 0.09b
4	2.48 \pm 0.15a	2.47 \pm 0.15a	2.48 \pm 0.11a

[†]M15 = marco muestreador de 15x15x5 cm; [‡]M30 = marco muestreador de 30x30x5 cm; medias con letras diferentes entre el M15 y el M30 en la misma hilera son significativamente diferentes ($p \leq 0.05$); medias con letras diferentes en la columna del promedio por parcela son significativamente diferentes ($p \leq 0.05$).

Unidad de muestreo eficiente en el tiempo

El análisis de medidas repetidas en el tiempo del total de huevos por submuestra no mostró diferencias significativas por los efectos de los marcos muestreadores ($p=0.2598$), el tiempo ($p=0.5156$), ni en su interacción marcos x tiempo ($p=0.2598$) (Cuadro 3). La cantidad de huevos extraídos por ambos marcos fue similar, a pesar de que transcurrieron 37 días entre el primer y último muestreo; lo que confirma al M15 como herramienta de muestreo eficiente. El primer muestreo se realizó a finales de julio y el último a finales de agosto, tiempo en el cual el primer

pico poblacional de mosca pinta ya se encontraba establecido en el cultivo. De acuerdo con García-García *et al.*, (2006), un mes después de iniciada la temporada de lluvia, se encuentra una densidad alta de adultos reproductivos de mosca pinta, por lo que gran cantidad de huevos sin diapausa o diapausa corta recién eclosionados fueron reemplazados por huevos recién ovipositados, con lo que inicia la mezcla de generaciones (King, 1975b; Oomen, 1975; Peck, 1998) y de huevos con diferentes grados de diapausa (Morales y Gallardo, 1996, Figueredo *et al.*, 2011). Dichas características biológicas en la temporada en la que se realizaron los muestreos de suelo, posiblemente causaron que la cantidad de huevos fuese similar en las tres fechas de muestreo.

Cuadro 3. Promedios (\pm error estándar) de huevos de mosca pinta *A. albofasciata* por submuestra a través del tiempo en la Parcela 2.

Fechas	Huevo en submuestra [†]		Promedio
	M15 [¶]	M30 [§]	
23/jul/12	2.08 \pm 0.12	2.22 \pm 0.13	2.15 \pm 0.09
11/ago/12	2.02 \pm 0.13	1.98 \pm 0.14	2.00 \pm 0.10
30/ago/12	2.26 \pm 0.15	1.96 \pm 0.13	2.11 \pm 0.10

[†]El análisis de medidas repetidas en el tiempo no presentó diferencias significativas para marcos muestreadores ($p=0.2598$), fechas de muestreo ($p=0.5156$), ni su interacción ($p=0.2598$); [¶]M15 = marco muestreador de 15x15x5 cm; [§]M30 = marco muestreador de 30x30x5 cm.

Esfuerzo de muestreo

El tiempo total requerido por el marco M15 para el muestreo de huevos de mosca pinta en 40 cepas es de 19.86 h, mientras que con el marco M30 es de 23.31 h. La obtención de las 40 muestras de suelo en campo antes de su homogeneización para obtener las submuestras concentró el mayor esfuerzo al usar el M30. El volumen de suelo obtenido con el M15 se redujo un 75 % comparado

al volumen del M30. La diferencia en la cantidad de suelo extraído por ambos marcos permite señalar que el M15 facilita el manejo dentro de la parcela de caña de azúcar. Una vez que se homogeneizan las muestras a 250 g de suelo en el laboratorio, el tiempo que requiere el lavado, la extracción y conteo de huevos es el mismo con ambos marcos.

Al no ser significativamente diferente el número de huevos obtenido en ambos marcos, al multiplicar la cantidad de huevos obtenidos en las submuestras (250 g de suelo) por el volumen total de suelo extraído de cada marco (1,125 cc M15 y 4,500 cc M30), se obtiene una cantidad de huevos cuatro veces mayor con el marco muestreador M30 que con el marco muestreador M15. Así, la cantidad de huevos obtenidos con el marco M15, es útil para calcular el total de huevos existentes en suelo que rodea el contorno de la cepa de caña de azúcar; de esta forma se estimaría con menor esfuerzo, la cantidad de huevos asociada a las raíces, en la zona donde posteriormente las ninfas podrían estar afectando en mayor medida a la cepa, además se obtendría la información necesaria para tomar la decisión de aplicar la rastra sanitaria cuando este supere los 200 000 huevos totales por hectárea (Figueredo *et al.*, 2011).

1.4. CONCLUSIONES

Con el uso de ambos marcos muestreadores de 15 y 30 cm se obtuvo una cantidad de huevos de mosca pinta similar bajo las diferentes condiciones de campo y a través del tiempo. El marco M15 fue más eficiente ya que redujo el tiempo aplicado en un 15% en el muestreo de huevos en una jornada de trabajo; además disminuyó en un 75% la cantidad de suelo extraído en campo, lo que facilitó su manejo durante el proceso de lavado en laboratorio.

1.5. AGRADECIMIENTOS

La propuesta “Diseño de un programa contemporáneo de manejo integrado de mosca pinta en caña de azúcar”, fue inicialmente negociada por el Sistema Nacional de Investigación y Transferencia de Tecnología, Confederación Nacional de Propietarios Rurales, Confederación Nacional Campesina y Confederación de Fundaciones Produce, fue apoyado por el Fondo Sectorial SAGARPA-CONACYT, Mexico. Los fondos adicionales fueron provistos por el Colegio de Postgraduados, Campus Veracruz y “Línea Prioritaria de Investigación-2 Agroecosistemas Tropicales, Grupo MaSCaña”. Agradecemos a los productores y autoridades de los Ingenios Azucareros El Modelo y La Gloria por su apoyo en las actividades de campo.

1.6. LITERATURA CITADA

- Auad, A. M., A. D. Simoes, M. V. Leite, S. E. B. da Silva, D. R. dos Santos, and P. H. Monteiro. 2011. Seasonal dynamics of egg diapause in *Mahanarva spectabilis* (Distant, 1909) (Hemiptera: Cercopidae) on elephant grass. *Arq. Inst. Biol.* 78(2):325-330.
- Badilla, F. 2002. Un programa exitoso de control biológico de insectos-plagas en la caña de azúcar en Costa Rica. *Rev. MIP Agroecol.* 64:77-87.
- Carvalho, S. M. 1985. Ovipositional preference of *Deois schach* in relation to different host species and soil. *Pesq. Agrop. Bras.* 20(6):631-633.
- Castro, U., A. Morales, y D. C. Peck. 2005. Dinámica poblacional y fenología del salivazo de los pastos *Zulia carbonaria* (Lallemand) (Homoptera: Cercopidae) en el Valle Geográfico del Río Cauca, Colombia. *Neotrop. Entomol.* 34(3): 459-469.
- Figueredo, L., G. Hernández, y B. Linares. 2003. Determinación de umbrales de daño fisiológico causados por la candelilla de la caña de azúcar, *Aeneolamia varia* F. (Homoptera: Cercopidae) en los Valles Turbio y Yaracuy, Venezuela. *Caña de Azúcar* 21(2):3-19.
- Figueredo, L., O. Andrade, J. Cova, O. Mora, y G. Azad. 2012. Distribución espacio temporal de ninfas de *Aeneolamia varia* Fabricius (1787) (Hemiptera: Cercopidae) en caña de azúcar a través de un sistema de información geográfica. *Entomotrop.* 27(1):7-18.

- Figueredo, L., O. Andrade, M. Niño, J. Quintero, y G. Azad. 2011. Distribución espacial de huevos de *Aeneolamia varia* (Fabricius) (Hemiptera: Cercopidae) en caña de azúcar a través de un sistema de información geográfica. *Rev. Unell. Cienc. Tec.* 29(1):59-66.
- Garcia, J. F., P. S. Machado-Botelho, and J. R. Postali-Parra. 2006. Biology and fertility life table of *Mahanarva fimbriolata* (Stal) (Hemiptera: Cercopidae) in sugarcane. *Sci. Agric. (Piracicaba, Braz.)* 63(4):317-320.
- García-García, C., J. López-Collado, M. E. Nava-Tablada, J. A. Villanueva-Jiménez, y J. Vera-Graziano. 2006. Modelo de predicción de riesgo de daño de la mosca pinta *Aeneolamia postica* (Walker) Fennah (Hemiptera: Cercopidae). *Neotrop. Entomol.* 35(5):677-688.
- King, A. B. S. 1975a. The extraction, distribution and sampling of the eggs of the sugar-cane Froghopper, *Aeneolamia varia saccharina* (Dist.) (Homoptera, Cercopidae). *Bull Entomol. Res.* 65:157-164.
- King, A. B. S. 1975b. Factors affecting the phenology of the first brood of the sugar-cane froghopper *Aeneolamia varia saccharina* (Dist.) (Homoptera, Cercopidae) in Trinidad. *Bull. Entomol. Res.* 65(3):359-372.
- Linares, B., y G. Contreras. 1984. Evaluación comercial de las trampas adhesivas amarillas para el conteo de la candelilla de la caña de azúcar. *Caña de Azúcar* 2(1):30-38.
- Linares, B., y G. N. Pérez. 1985. Gramíneas hospederas de *Aeneolamia* spp (Homoptera: Cercopidae) en la región centro occidental de Venezuela. *Caña de Azúcar* 3(1):34-42.
- Martin, R. M., J. R. Cox, D. G. Alston, F. Ibarra F. 1995. Spittlebug (Homoptera: Cercopidae) life cycle on buffelgrass in northwestern Mexico. *Ann. Entomol. Soc. Am.* 88(4):471-478.
- Morales, S. J., y J. S. Gallardo. 1996. Diapausa y resistencia a la sequía de los huevos de *Aeneolamia varia* (Homoptera: Cercopidae) en Venezuela. *Bioagro.* 8(1):3-13.
- NOM-021-RECNAT Norma Oficial Mexicana. Recursos Naturales. 2001. Que establece las especificaciones de fertilidad, salinidad y clasificación de suelos. Estudios, muestreo y análisis. Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales. Diario Oficial de la Federación, Mexico. Diciembre 7, 2001.
- Obando, J., A. Bustillo, U. Castro, N. Mesa. 2013. Selección de cepas de *Metarhizium anisopliae* para el control de *Aeneolamia varia* (Hemiptera: Cercopidae). *Rev. Colomb. Entomol.* 39(1):26-33.
- Oomen, P. A. 1975. A population study of the spittle bugs *Aeneolamia occidentalis* (Walk.) and *Prosapia simulans* (Walk.) (Homoptera: Cercopidae) in Mexican Pangola pastures. *Z. Ang. Entomol.* 79(1-4):225-238.
- Ortiz-Laurel, H., D. Rosas-Calleja, D. Rossel-Kipping, y J. A. Herrera-Corredor. 2014. Mecánica para la contención de eclosión de huevos de mosca pinta (*Aeneolamia* spp.) en caña de azúcar (*Saccharum officinarum*). *Rev. Agroprod.* 7(2):27-34.

- Peck, D. C. 1998. Use of alternative food plants exclusively by adult male froghoppers (Homoptera: Cercopidae). *Biotropica* 30(4): 639-644.
- Salgado-García, S., D. J. Palma-López, M. Castelán-Estrada, L. C. Lagunés-Espinoza, y H. Ortiz-Laurel. 2013. Manual para el muestreo de suelos, plantas y aguas e interpretación de análisis para la producción sostenible de alimentos. Colegio de Postgraduados, Campus Tabasco. Cardenas, Tab., Mexico, p 101.
- SAS, Institute (2014) SAS/STAT® 9.4 In-Database Products: User's Guide. SAS Institute Inc., Cary, N. C.
- Thompson, V., y G. R. León. 2005. La identificación y distribución de los salivazos de la caña de azúcar y los pastos (Homoptera: Cercopidae) en Costa Rica. *Rev. MIP Agroecol.* 75:43-51.

**CAPÍTULO II. SITIO Y PROFUNDIDAD DE MUESTREO ADECUADOS PARA
HUEVOS DE MOSCA PINTA *Aeneolamia albofasciata* (Lallemand) EN CAÑA DE
AZÚCAR**

José Jair Canela-Cantellano, José López-Collado, Sergio Salgado-García, Héctor Cabrera-
Mireles, Juan A. Villanueva-Jiménez

**ADEQUATE SAMPLING SITE AND DEPTH FOR SPITTLEBUG *Aeneolamia*
albofasciata (Lallemand) EGGS IN SUGAR CANE**

RESUMEN

La reducción de huevos diapáusicos podría ejercer un control inicial adecuado de las poblaciones de mosca pinta en caña de azúcar (*Saccharum officinarum*). Por ello, el objetivo de este trabajo fue identificar el sitio y profundidad de muestreo donde se encuentre la mayor cantidad de huevos de mosca pinta (*Aeneolamia albofasciata*). Se trabajó en dos parcelas comerciales de caña de azúcar, cultivadas con las variedades MEX 69-290 y MEX 91-662 en el estado de Veracruz, México. Para determinar el sitio de muestreo que de forma adecuada estimara el mayor número de huevos, se muestreo en tres periodos. Se seleccionaron cinco zonas de muestreo con nueve cepas de caña. Se utilizó un marco muestreador 15x15x5 cm. Se extrajo suelo cada 15 cm sobre los surcos y a los costados perpendiculares y diagonales de la cepa central. La profundidad de muestreo más apropiada se determinó mediante la estimación del número de huevos por profundidad. Se muestreo en dos periodos. Se seleccionaron cinco cepas de caña por parcela. Se utilizó un marco muestreador con 15x15 cm de lado y 16 cm de profundidad, con el que se extrajo una sección de suelo por cada 2 cm de profundidad. El suelo colectado de ambos ensayos se lavó sobre tamices de 30, 40 y 60 mallas; los huevos se extrajeron mediante flotación a base de soluciones salinas y posteriormente se contabilizaron. En ambos ensayos no hubo diferencias significativas en los periodos de muestreo evaluados. El sitio de muestreo más adecuado fue el más cercano a la cepa de caña, orientado al Noroeste de la cepa. La profundidad más apropiada fueron los primeros 4 cm de suelo.

Palabras clave: Mosca pinta, caña de azúcar, huevos diapáusicos, sitio de muestreo, profundidad de muestreo.

ABSTRACT

Reduction of diapausing eggs could exercise adequate initial control of spittlebug populations in sugar cane (*Saccharum officinarum*). For this reason, the objective of this study was to identify the sampling site and sampling depth, where to find the greatest amount of spittlebug eggs (*Aeneolamia albofasciata*). Two commercial plots of sugar cane in the state of Veracruz, Mexico were sampled, one planted with variety MEX 69-290 and the other with MEX 91-662. To determine the most adequate sampling site estimating the greatest number of eggs, we sampled in three periods. Five sampling areas with nine sugar cane stools were selected. A 15x15x5 cm sampling frame was used. Soil was extracted every 15 cm on the furrows and perpendicular sides and diagonals of the central stool. The most appropriate sampling depth was determined by estimating the number of eggs per depth. Samples were taken in two periods. Five stools of sugar cane were selected per plot. A sampling frame of 15 x 15 cm sides and 16 cm deep was used. This frame extracted a soil section for each 2 cm deep. Soil collected in both studies were washed on sieves of 30, 40 and 60 mesh; eggs were extracted by flotation in a saline solution and then counted. In both studies there were no significant differences caused by the sampling periods assessed. The most adequate sampling site was closest to the stool of sugar cane, oriented Northwest in relation to the stool. The most proper depth were the first 4 cm of soil.

Key words: Spittlebug, sugar cane, diapausing eggs, sampling site, sampling depth.

2.1. INTRODUCCIÓN

La mosca pinta o salivazo [*Aeneolamia albofasciata* (Lallemand)] ataca a diversas especies de gramíneas forrajeras y a la caña de azúcar (Linares y Pérez, 1985; Peck *et al.*, 2002a). Se encuentra presente en las zonas de abasto de los ingenios azucareros que comprenden la vertiente del Golfo de México y del Pacífico (CONADESUCA, 2011)⁴. El daño que provoca al alimentarse de las hojas y raíces de caña de azúcar (*Saccharum officinarum* L.) ocasiona pérdidas en la producción que pueden ir de 5 a 9 ton ha⁻¹ por año (Flores, 1994), por lo que es considerada una plaga de importancia económica.

El ciclo de vida de la mosca pinta en el cultivo de caña de azúcar comprende de 45 a 62 días (Bustillo y Castro, 2011), pasa por las etapas de desarrollo de huevo, cinco estados ninfales y el adulto (Gómez, 2007). Según la especie y las condiciones ambientales de la región, puede presentar de tres a cuatro generaciones al año (Castro *et al.*, 2005). La supervivencia del insecto se basa en la facultad de la hembra para producir huevos diapáusicos; este tipo de huevos permanecen en el suelo y la mayoría eclosionan al iniciar las primeras lluvias del siguiente año (Badilla, 2002). La hembra prefiere al suelo como sustrato para colocar sus huevos (Thompson y León, 2005) aunque también lo puede hacer sobre la hojarasca y los tocones de los tallos (Rodríguez *et al.*, 2003). La mayor cantidad de huevos son ovipositados cerca de la rizósfera de la caña, donde ocurre la alimentación de las ninfas (Fewkes, 1961). King (1975) indica que existen

⁴ Comité Nacional para el Desarrollo Sustentable de la Caña de Azúcar. 2011. Diagnóstico del Campo Cañero, Capítulo: Plagas y Enfermedades. Estado de atención en los ingenios. Informe Técnico.

exudados de las raíces de caña de azúcar que podrían atraer a la hembra, lo que podría condicionar la puesta de huevos cerca de la cepa (Hewitt, 1986a).

Auad *et al.* (2011) han propuesto que la reducción de huevos diapáusicos podría ejercer un control inicial adecuado de las poblaciones de mosca pinta en caña de azúcar, al atrasar el desarrollo de la primera población de ninfas y por ende reducir la población de futuros adultos (García-García *et al.*, 2006). Se ha realizado el muestreo de huevos mediante la extracción de suelo con varias herramientas, entre las que sobresalen los cilindros con barreno y los marcos muestreadores (Nilakhe *et al.*, 1984). Estas herramientas se colocan en medio de la base de la cepa después de haberla cortado o pegadas a la cepa con cañas en crecimiento, sin embargo, no se cuenta con trabajos formales para definir el mejor sitio dónde colocar la unidad de muestreo, que permita obtener la mayor información posible acerca de la población de huevos presentes en el cultivo. El objetivo del estudio fue identificar el sitio y la profundidad de muestreo donde se encuentre la mayor cantidad de huevos de mosca pinta en parcelas comerciales de caña de azúcar a través del tiempo.

2.2. MATERIALES Y MÉTODOS

Determinación del sitio de muestreo

Área de estudio

La investigación se llevó a cabo en dos parcelas comerciales de caña de azúcar mayores a 3 ha ubicadas en el estado de Veracruz, México; la primera en El Salmoral, municipio de La Antigua (19°19'56.06'' N, 96°22'11.75'' O) sembrada con la variedad MEX 69-290 en ciclo resoca siete,

la cual pertenece al área de influencia del Ingenio La Gloria. La segunda en La Víbora, municipio de Paso de Ovejas (19°18'50.87'' N, 96°21'20.74'' O) sembrada con la variedad MEX 91-662 en ciclo resoca seis, perteneciente al área de influencia del Ingenio El Modelo.

Periodos de muestreo

Los muestreos se establecieron en tres periodos de acuerdo a los picos poblacionales de huevos de mosca pinta presentes en el año, según ensayos preliminares. El primer muestreo se realizó durante los meses de mayo a junio (baja población), el segundo en los meses de agosto a septiembre (mediana población) y el último en los meses de octubre a diciembre de 2014 (alta población de huevos de mosca pinta).

Diseño de muestreo

En cada parcela se seleccionó una superficie de una ha como parcela útil, localizada dentro del cultivo y se delimitó una periferia de 6 m utilizada como borde. En la parcela útil se seleccionaron cinco zonas de muestreo, cuatro ubicadas cerca de cada esquina y una en el centro. Cada zona de muestreo consistió en un cuadro con tres surcos y tres cepas de caña en cada surco, para un total de nueve cepas, lo que permitió contar con una cepa central flanqueada por ocho cepas de manera equidistante. Se registró la orientación geográfica de los surcos en relación a la cepa central (P) utilizando un GPS Etrex 20 Garmin®. Posteriormente se registró la distancia entre cepas dentro del surco, entre surcos y de la cepa central a las cuatro cepas diagonales (Figura 5).

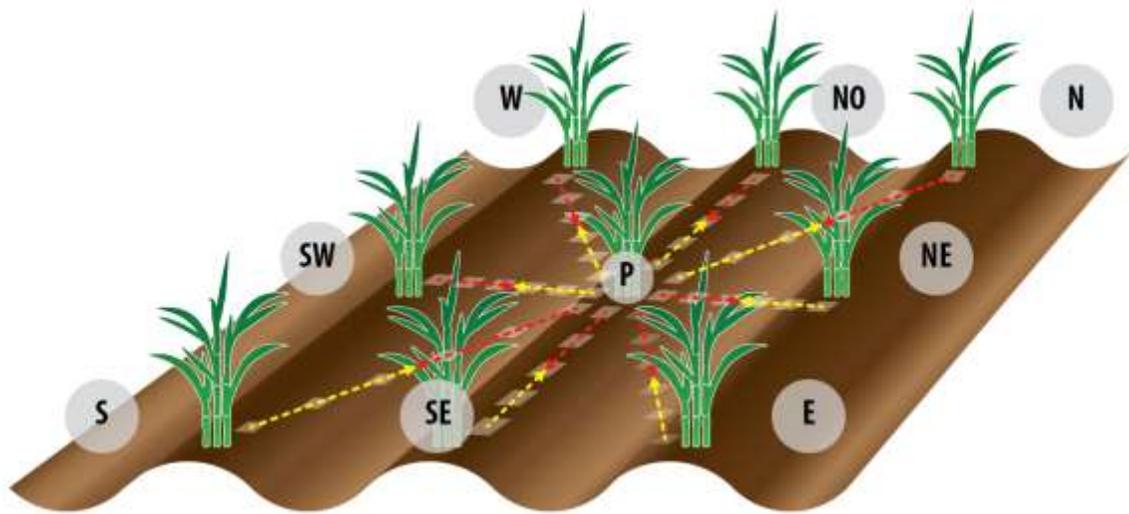


Figura 5. Diagrama de la zona de muestreo con la orientación geográfica de las ocho cepas de caña de azúcar respecto a la cepa central (P): noroeste (NO), norte (N), noreste (NE), este (E), sureste (SE), sur (S), suroeste (SW) y oeste (W).

Método de muestreo

Para la estimación del número de huevos de mosca pinta se utilizó un marco muestreador de hierro de 15x15x5 cm para extraer el suelo cada 15 cm de distancia (Villanueva-Jiménez *et al.*, 2014⁵). El primer marco se colocó tocando la cepa central (P) en dirección a la siguiente cepa dentro del surco en ambas direcciones, lo cual se repitió en el entresurco y en forma diagonal a las cepas contiguas. Se tomaron hasta 6 muestras de suelo entre cepa y cepa a cada una de las 8 direcciones respecto a la cepa central, las cuales se clasificaron según su orientación: noroeste (NO), norte (N),

⁵ Villanueva-Jiménez, J. A., J. J. Canela-Cantellano, J. López-Collado, S. Salgado-García, y H. Cabrera-Mireles. 2014. Métodos de muestreo de los estados de desarrollo de mosca pinta (*Aeneolamia* spp.) en caña de azúcar. *In*: Memoria XXXVI Convención y EXPOATAM 2014 “Dr. Basilio A. Rojas Martínez”, Boca del Rio, Veracruz, México. 7 p.

noreste (NE), este (E), sureste (SE), sur (S), suroeste (SW) y oeste (W) (Figura 1). Se extrajo el marco muestreador con ayuda de una pala recta; el suelo contenido en su interior se vació en bolsas de plástico previamente etiquetadas. El total de muestras obtenidas en cada una de las cinco zonas de muestreo se transportaron al laboratorio para la extracción y conteo de huevos.

Procedimiento para la extracción de huevos

Se registró el peso individual de las muestras de suelo y se obtuvo una submuestra homogeneizada de 250 g de suelo de cada una, se vació en un recipiente de plástico donde se le agregaron 80 ml de una solución saturada (70 %) de NaCl, se mezcló y posteriormente se dejó reposar por 30 min. La mezcla se pasó a un juego de tamices de 30, 40 y 60 mallas y se lavó con agua corriente a presión. Las partículas más grandes se quedaron en el primero y segundo tamiz. Los huevos de mosca pinta junto con las partículas pequeñas se retuvieron en el tamiz de 60 mallas. El suelo en este último tamiz se vació en un embudo de separación de 500 ml, al que se le agregaron 200 ml de solución de NaCl 30 % y posteriormente se dejó reposar por 10 min. Los huevos de mosca pinta y partículas finas del suelo flotaron y se adhirieron a las paredes del embudo. Se vació el sobrenadante con los huevos sobre cuadros de 5x5 cm de tela de organza, los que se colocaron sobre papel filtro y se conservaron en cajas de Petri de plástico de 10 cm. Se separó el total de huevos de mosca pinta, los que se contabilizaron con la ayuda de un microscopio estereoscópico (Stemi DV4 Carl Zeiss®).

Análisis estadístico

Los datos se sometieron a la prueba de homogeneidad de varianzas (PROC UNIVARIATE) y posteriormente se transformaron con $\sqrt{(x+1)}$ para lograr una aproximación a la distribución normal y reducir el coeficiente de variación. Se utilizó el análisis de medidas repetidas en el tiempo (PROC

MIXED) con estructura de covarianza de heterogeneidad autorregresiva para determinar el sitio adecuado de muestreo por los tres periodos de muestreo. Al no encontrar diferencias significativas entre periodos ($p=0.3773$), se realizó un análisis factorial (PROC GLM) de cada periodo de muestreo por separado, considerando los siguientes factores principales: parcelas (2), distancias entre cepas (3) y orientaciones (8). Posteriormente se utilizó la prueba de Tukey ($p\leq 0.05$) para la separación de medias en los efectos principales (SAS vers. 9.4, SAS Institute Inc, 2014).

Determinación de la profundidad de muestreo

Periodos de muestreo

Para determinar la profundidad óptima en el muestreo de huevos de mosca pinta, se utilizaron las dos parcelas de caña de azúcar del ensayo anterior; en ellas se realizó extracción de suelo en dos periodos diferentes. El primer periodo, considerado de mediana población de huevos, inició el 31 de julio y concluyó el 30 de agosto de 2014. El segundo periodo, considerado de alta población de huevos, abarcó del 16 de diciembre de 2014 al 6 de enero de 2015.

Diseño de muestreo

Para este ensayo, se seleccionaron cinco sitios con una cepa de caña de azúcar por sitio, la parcela útil y las cinco cepas de caña de azúcar a muestrear fueron ubicadas como en el ensayo anterior. Se elaboró un marco muestreador de hierro de 15x15 cm de lado por 16 cm de profundidad, con una de sus caras dividida en ocho secciones de 2 cm cada una, mediante una hendidura de 0.2 cm. En cada sitio, se tomaron tres muestras de suelo sobre el surco de cada cepa. La primera muestra consistió en los primeros 15 cm de suelo ubicados de manera adyacente a la base de la cepa de caña. La segunda se ubicó 15 cm separado de la primera y la tercera a 45 cm alejado de la base de

la cepa. Al menos 40 min antes de enterrar los marcos se aplicaron cuidadosamente 5 L de agua sobre el surco sin modificar la estructura del suelo, con la finalidad de permitir que el marco se enterrara con mayor facilidad. Se utilizó un pico y una pala recta para desenterrar con cuidado el marco muestreador, escarbando en el suelo adyacente al mismo, para permitir extraer intacto el bloque de suelo al interior del marco. El marco con el suelo, se colocó sobre un plástico y se le introdujeron láminas de metal de 15x25x0.2 cm en cada una de las ocho hendiduras, con lo que se obtuvieron ocho secciones de suelo de 2 cm de grosor que representaron las diferentes profundidades. Las secciones individuales de suelo se colocaron en bolsas de plástico previamente etiquetadas y se trasladaron al laboratorio para realizar la extracción de huevos de mosca pinta.

Procedimiento para la extracción de huevos

El suelo de cada bolsa se vació en recipientes de plástico, al que se le agregó 1.5 L de agua y se dejó en reposo por 30 min para disgregar los terrones o partes endurecidas del suelo y facilitar su manejo. El procedimiento de lavado, extracción y conteo de huevecillos fue el mismo que en el primer ensayo.

Análisis estadístico

Los datos de muestreo también se sometieron a la prueba de homogeneidad de varianzas, se transformaron a $\sqrt{(x+1)}$ y se les realizó un análisis de medidas repetidas en el tiempo. Al no encontrar diferencias significativas en los periodos de muestreo ($p=0.0821$), se realizó un análisis factorial por cada periodo. Los factores principales fueron: parcelas (2), profundidades (8) y distancias (3). Se utilizó la prueba de Tukey ($p\leq 0.05$) para la separación de medias en los efectos principales.

2.3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Determinación del sitio de muestreo

Primer periodo de muestreo

La cantidad de huevos mostró diferencias significativas por el efecto de las parcelas, las distancias y las orientaciones; y en la interacción distancias x orientaciones; sin embargo no hubo diferencias en las últimas interacciones: parcelas con orientaciones y parcelas con distancias (Cuadro 4). Para explicar la interacción distancias x orientaciones, se realizó un análisis posterior que mostró diferencias significativas causadas por las orientaciones en cada una de las distancias. En muestras orientadas al sureste y noreste, colectadas adyacente a la base de la cepa (0-15 cm), se encontró una mayor cantidad de huevos de mosca pinta, a diferencia de las orientadas al oeste. Las muestras obtenidas a una distancia de 15-30 cm y orientadas al noroeste, manifestaron una cantidad mayor de huevos en comparación de las siete orientaciones restantes. Finalmente, las muestras obtenidas a una distancia de 30-45 cm de la base de la cepa y orientadas hacia el sureste, obtuvieron una cantidad alta de huevos, mientras que la orientación con menor cantidad de huevos fue la del sur (Figura 6).

Hubo una mayor cantidad de huevos de mosca pinta en la Parcela 2. Con muestras de suelo obtenidas adyacente a la cepa de caña (0-15 cm) se encontró una mayor cantidad de huevos de mosca pinta en comparación a las muestras alejadas de la base de la cepa, tal y como lo describe el Capítulo 2.

Cuadro 4. Efecto de las parcelas de caña de azúcar, las distancias a la orilla de la cepa y las orientaciones donde se obtiene la muestra respecto a la cepa de referencia, en la cantidad de huevos de mosca pinta en el primer periodo de muestreo.

Fuente de variación	G.L.	F^\dagger	p
Parcela	1	6.51	0.011**
Distancia	2	24.53	<.0001**
Orientación	7	6.54	<.0001**
Parcela x Distancia	2	0.45	0.640 ^{NS}
Parcela x Orientación	7	1.37	0.219 ^{NS}
Distancia x Orientación	14	2.20	0.008 ^{NS}

[†]F: distribución de Fisher. **: $p \leq 0.05$, NS: no significativo.

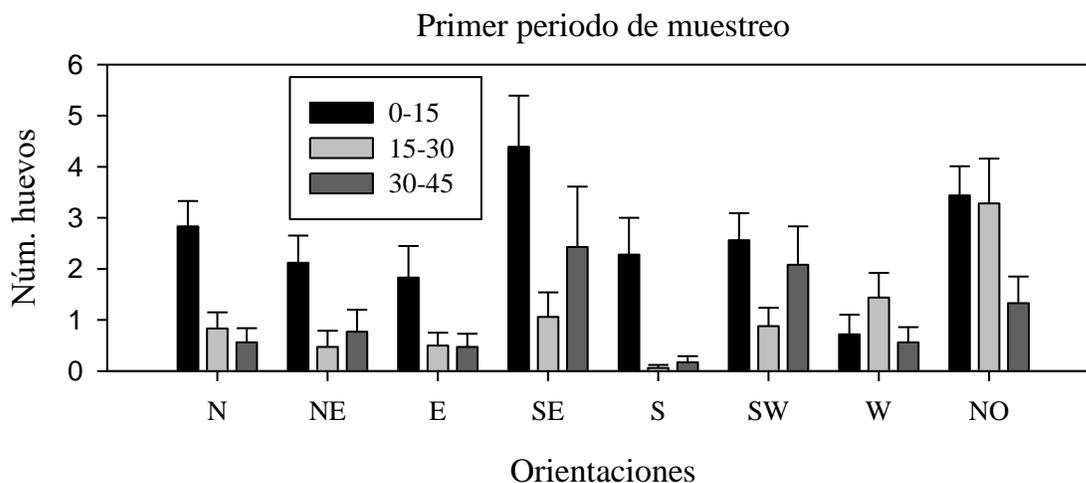


Figura 6. Promedio (\pm Error Estándar) de huevos de mosca pinta muestreados, que muestra la interacción de las orientaciones a las tres distancias evaluadas.

La preferencia de oviposición de la hembra de mosca pinta se encuentra estrechamente relacionada con la humedad, compactación del suelo y la presencia abundante de hojarasca (Hewitt, 1985). Cerca de la cepa de caña de azúcar, posiblemente por los restos de hojas y tallos se crea un

microclima adecuado para que la hembra coloque sus huevos (Carvalho, 1985) por lo tanto es el sitio adecuado para la obtención de las muestras. Las muestras orientadas al noroeste y sureste presentaron una alta cantidad de huevos de mosca pinta. Las muestras con menor cantidad de huevos se colectaron en los costados y en la parte baja del surco respecto a la cepa.

Segundo periodo de muestreo

Se encontraron diferencias significativas en la cantidad de huevos debido al efecto ejercido por las parcelas (mayor en la Parcela 2) y las distancias (mayor en la distancia 0-15 cm), aunque en este segundo periodo no hubo diferencias causadas por las orientaciones como efecto principal. Tampoco se presentaron diferencias en ninguna de las tres interacciones analizadas (Cuadro 5).

Cuadro 5. Efecto de las parcelas de caña de azúcar, las distancias a la orilla de la cepa y las orientaciones donde se obtiene la muestra respecto a la cepa de referencia, en la cantidad de huevos de mosca pinta en el segundo periodo de muestreo.

Fuente de variación	G.L.	F^{\dagger}	p
Parcela	1	5.65	0.003**
Distancia	2	12.83	<.0001**
Orientación	7	0.75	0.088 ^{NS}
Parcela x Distancia	2	0.43	0.362 ^{NS}
Parcela x Orientación	7	0.61	0.189 ^{NS}
Distancia x Orientación	14	0.30	0.772 ^{NS}

[†]F: distribución de Fisher. ** $p \leq 0.05$, NS: no significativo.

Anleu-Fortuny (1998)⁶ reportó que se obtiene un porcentaje alto de huevos de mosca pinta con muestras colectadas del centro de la cepa y hasta aproximadamente 15 cm alrededor de ella, y que al alejarse de la base de la cepa de caña el porcentaje de huevos disminuye considerablemente.

Tercer periodo de muestreo

La cantidad de huevos de mosca pinta, mostró diferencias significativas causadas por las distancias, las orientaciones y la interacción entre parcelas y orientaciones. Las parcelas como efecto principal no mostraron diferencias significativas, al igual que las interacciones restantes (Cuadro 6). En la Parcela 2 sembrada con la variedad MEX 91-662 en ciclo resoca 6, se encontró una mayor cantidad de huevos con muestras orientadas al noroeste (sobre la parte alta del surco) y noreste, a diferencia de muestras ubicadas al norte, este, sur y oeste donde la cantidad de huevos fue mínima, estas últimas muestras se colectaron de cepas ubicadas en diagonal con respecto a la cepa central (Figura 5). Los muestreos realizados a la Parcela 1 (Var. MEX 69-290) indicaron que, sólo en las orientaciones noroeste (sobre la parte alta del surco) y oeste se obtuvo una cantidad de huevos alta, incluso superando a la Parcela 2, sin embargo en las demás orientaciones la cantidad de huevos se comportó de manera similar (Figura 7).

⁶ Anleu-Fortuny, B. 1998. Distribución horizontal y vertical de huevos de chinche salivosa, *Aeneolamia* sp., en relación al sistema radicular de caña de azúcar, *Saccharum* spp., y comparación de tres técnicas de muestreo en Escuintla, Guatemala. Tesis Ing. Agr. Facultad de Agronomía. Universidad de San Carlos, Guatemala. Guatemala. 54 p.

Cuadro 6. Efecto de las parcelas de caña de azúcar, las distancias a la orilla de la cepa y las orientaciones donde se obtiene la muestra respecto a la cepa de referencia, en la cantidad de huevos de mosca pinta en el tercer periodo de muestreo.

Fuente de variación	G.L.	F^\dagger	p
Parcela	1	0.30	0.341 ^{NS}
Distancia	2	10.16	<.0001**
Orientación	7	1.03	0.003**
Parcela x Distancia	2	0.07	0.815 ^{NS}
Parcela x Orientación	7	0.82	0.016**
Distancia x Orientación	14	0.38	0.317 ^{NS}

[†] F : distribución de Fisher. ** $p \leq 0.05$, NS: no significativo.

A pesar de que en el último periodo las parcelas 1 y 2 se comportaron de forma similar, este comportamiento fue contrastante a lo encontrado en los primeros dos periodos, donde la Parcela 2 fue más abundante. Esto, posiblemente se debió a que en el interior y alrededor de esta parcela no se realizó la eliminación adecuada de maleza, por lo que pudo ocasionar que el insecto desarrollara poblaciones adicionales sobre las gramíneas presentes en el cultivo (Pires *et al.*, 2000a; Peck *et al.*, 2002b; Linares y Pérez, 1985) y por ende pudo incrementarse la oviposición en la parcela. Al final de temporada Badilla (2002) indica que se acumula la presencia de huevos con diapausa, lo que pudo influir en que los huevos en ambas parcelas se comportaran de manera similar.

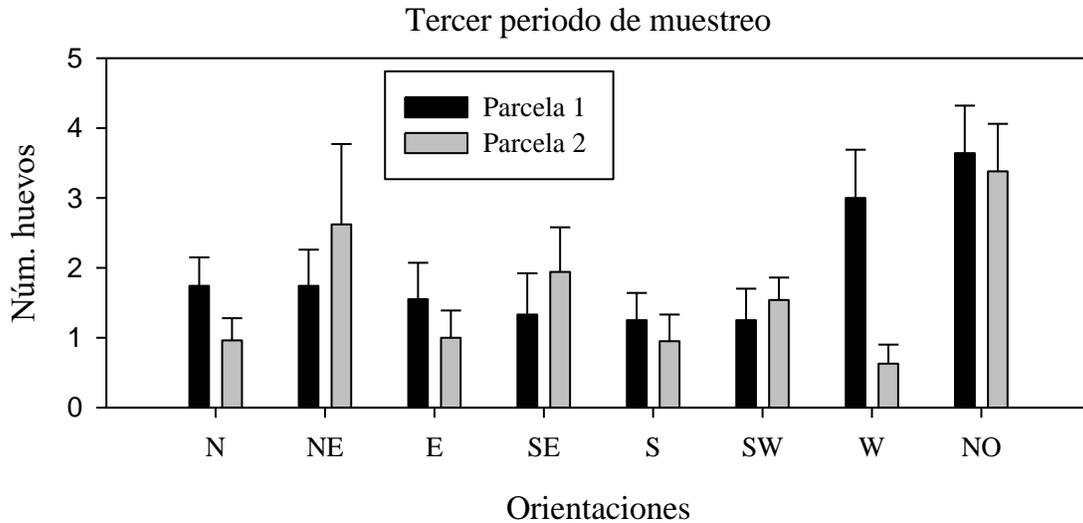


Figura 7. Promedio (\pm Error Estándar) de huevos de mosca pinta muestreados, que muestra la interacción de las orientaciones y parcelas de caña de azúcar.

Al igual que en los primeros dos periodos de muestreo, se obtuvo un cantidad alta de huevos en muestras adyacente a la cepa de caña de azúcar (0-15), mientras que al alejarse de la base de la cepa la cantidad de huevos disminuye considerablemente de 3.08 ± 3.57 (0-15 cm), 1.02 ± 1.54 (15-30 cm) y 0.78 ± 1.66 (30-45 cm) huevos por submuestra. Este hallazgo se relaciona con la forma de alimentación de los las ninfas que emergerán de los huevos, los cuales se alimentarán de las raicillas de la caña de azúcar, que son más abundantes cerca de la cepa (Fewkes, 1961) o de los hospederos presentes en el cultivo (Pires *et al.*, 200b; Sujii *et al.*, 2002).

En el tercer periodo, las muestras de suelo orientadas al noroeste y noreste contaron con una alta cantidad de huevos de mosca pinta (3.50 ± 3.45 y 2.23 ± 4.46 huevos por submuestra, respectivamente), y las muestras con menor cantidad de huevos fueron las orientadas al sur y al este (1.10 ± 1.86 y 1.25 ± 1.87 huevos por submuestra, respectivamente). De forma sumaria, la orientación que en los tres periodos de tiempo mostró mayor cantidad de huevos fue la noroeste, es decir, la que se encuentra en el surco y que recibe una sombra mayor de la cepa durante el verano

y parte del otoño, causada por la localización en el hemisferio norte. Hewitt (1986b) observó mayor número de huevos de mosca pinta en áreas sombreadas entre las plantas que en áreas semejantes expuestas al sol.

Determinación de la profundidad de muestreo

Primer periodo de muestreo

La cantidad de huevos muestreados presentó diferencias significativas ocasionadas por los efectos de las parcelas, las distancias y las diferentes profundidades; y en la interacción de parcelas x distancias. En las interacciones restantes no se encontraron diferencias significativas (Cuadro 7).

Cuadro 7. Efecto de las parcelas de caña de azúcar, las distancias a la orilla de la cepa y la profundidad de colecta del suelo, en la cantidad de huevos de mosca pinta obtenida en el primer periodo de muestreo.

Fuente de variación	G.L.	F^\dagger	p
Parcela	1	29.78	<.0001**
Distancia	2	15.92	<.0001**
Profundidades	7	24.97	<.0001**
Parcela x Distancia	2	5.37	0.001**
Parcela x Profundidad	7	1.87	0.072 ^{NS}
Distancia x Profundidad	14	1.33	0.187 ^{NS}

[†]F: distribución de Fisher. ** $p \leq 0.05$, NS: no significativo.

El análisis posterior realizado a los factores de la interacción parcelas x distancias, mostró diferencias significativas causadas por las distancias en cada una de las parcelas. Con muestras obtenidas adyacente a la cepa de caña (0-15 cm) la cantidad de huevos fue alta tanto en la Parcela

1 como en la Parcela 2, mientras que con muestras alejadas de la cepa (15-30 y 30-45 cm) la cantidad de huevos disminuye; además, se observó un promedio de huevos mayor en la Parcela 2 en comparación de la Parcela 1, en las tres distancias evaluadas (Figura 8).

Al igual que en el primer ensayo, en la Parcela 2 con muestras adyacentes a la cepa (0-15 cm), hubo diferencia en la cantidad de huevos de mosca pinta. Al evaluar la profundidad como efecto principal, se observó que en los primeros 2 y 4 cm se obtiene una cantidad de huevos mayor que en el resto de las profundidades (Figura 9).

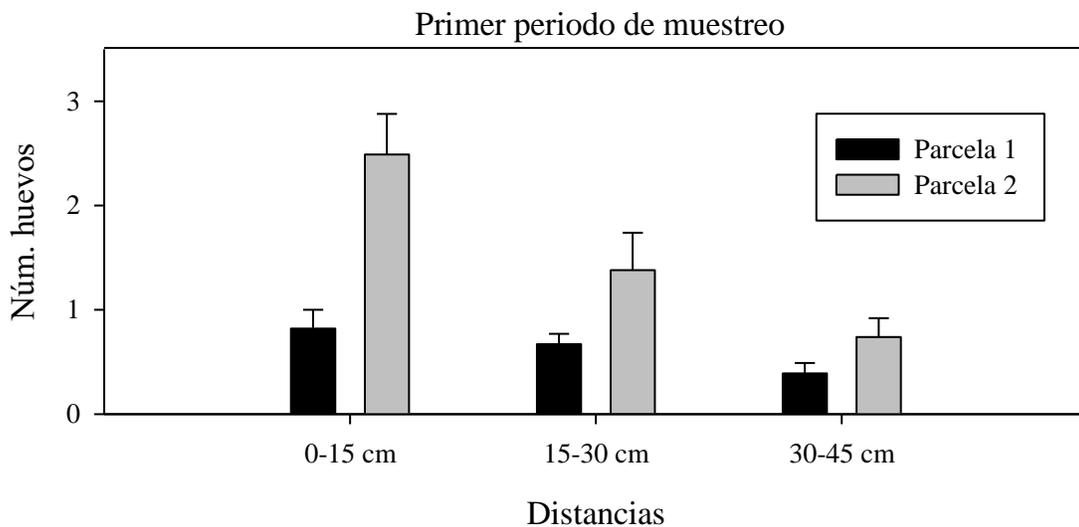


Figura 8. Promedio (\pm Error Estándar) de huevos de mosca pinta muestreados en el primer periodo, que muestra la interacción de las distancias y parcelas de caña de azúcar.

Anleu-Fortuny (1998)⁷ estudió la distribución vertical y horizontal de huevos de *Aeneolamia* spp., en relación al sistema radicular de la caña de azúcar, quien también reportó que la mayor proporción de huevos se encuentra en los primeros 4 cm de profundidad del suelo. En general, la cantidad de huevos muestreados fue inversamente proporcional a la profundidad, es decir que a mayor profundidad de suelo fue menor la cantidad de huevos encontrados (Figura 9).

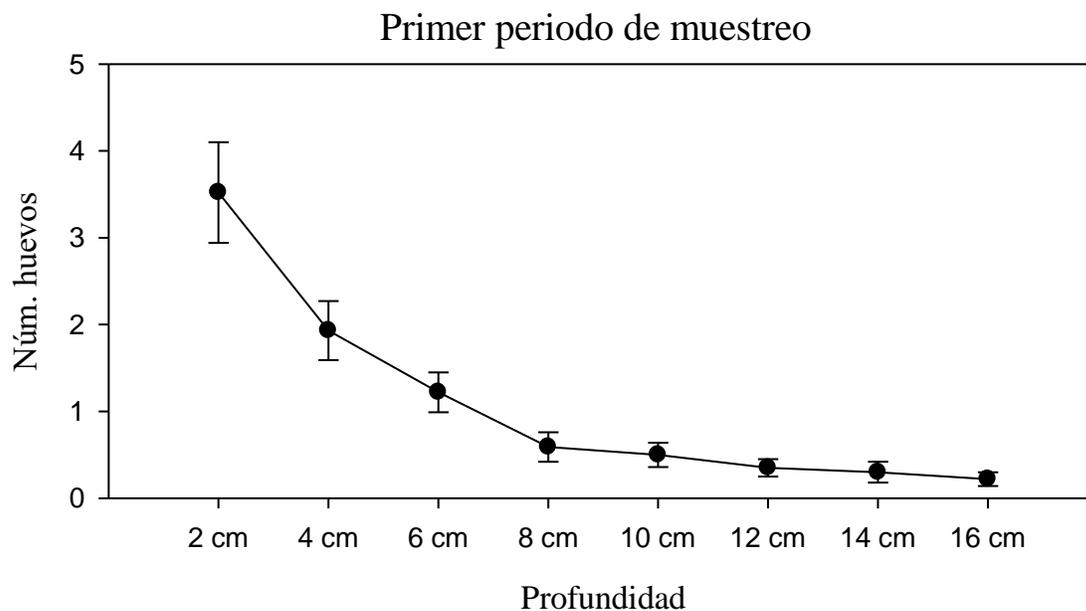


Figura 9. Promedio (\pm Error Estándar) de huevos de mosca pinta muestreados por profundidad en dos parcelas comerciales de caña de azúcar en el primer periodo de muestreo.

⁷ Anleu-Fortuny, B. 1998. Distribución horizontal y vertical de huevos de chinche salivosa, *Aeneolamia* sp., en relación al sistema radicular de caña de azúcar, *Saccharum* spp., y comparación de tres técnicas de muestreo en Escuintla, Guatemala. Tesis Ing. Agr. Facultad de Agronomía. Universidad de San Carlos, Guatemala. Guatemala. 54 p

Segundo periodo de muestreo

Las diferencias significativas en la cantidad de huevos muestreados, también fueron causadas por los efectos de las parcelas (mayor en la Parcela 2), las distancias (mayor en la distancia 0-15 cm), y las profundidades (mayor en los 2 y 4 cm), y por la interacción de las parcelas con las distancias. No hubo diferencias significativas en las interacciones restantes (Cuadro 8). El análisis aplicado a la interacción parcelas x distancias, mostró resultados similares al del primer periodo de muestreo. La Parcela 2 con muestras adyacentes a la cepa de caña (0-15 cm) mostró una alta cantidad de huevos, mientras que la Parcela 1 mostró una cantidad menor de huevos en las tres distancias de muestreo (Figura 10).

Cuadro 8. Efecto de las parcelas de caña de azúcar, las distancias a la orilla de la cepa y la profundidad de colecta del suelo, en la cantidad de huevos de mosca pinta obtenida en el segundo periodo de muestreo.

Fuente de variación	G.L.	F^\dagger	p
Parcela	1	25.10	<.0001**
Distancia	2	6.26	0.003**
Profundidades	7	8.72	<.0001**
Parcela x Distancia	2	6.02	0.003**
Parcela x Profundidades	7	0.39	0.909 ^{NS}
Distancia x Profundidades	14	0.81	0.657 ^{NS}

[†]F: distribución de Fisher. ** $p \leq 0.05$, NS: no significativo.

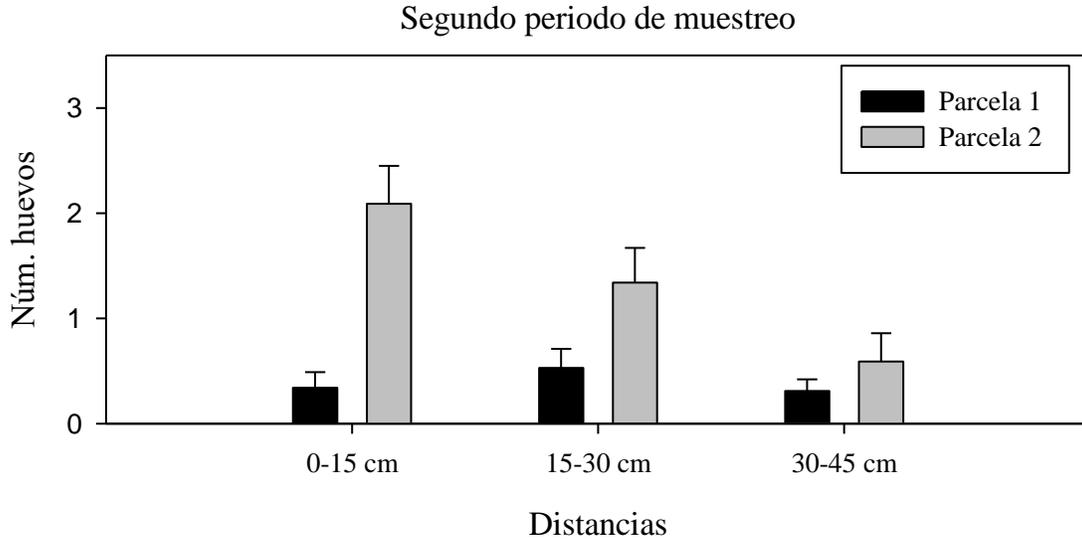


Figura 10. Promedio (\pm error estándar) de huevos de mosca pinta muestreados en el segundo periodo, que muestra la interacción de las distancias y parcelas de caña de azúcar.

En la Parcela 2 a la distancia de 0-15 cm, se colectó una mayor cantidad de huevos de mosca pinta en el segundo periodo. En cuanto a las profundidades evaluadas, se presentó un comportamiento similar a la del primer periodo de muestreo; con muestras de suelo de 0 a 4 cm de profundidad se mantuvo una mayor cantidad de huevos, y entre más profundo se obtenía la muestra la cantidad de huevos disminuía considerablemente hasta los 8 cm, a partir de lo cual ya no se presentaron cambios relevantes (Figura 11).

La diferencia en cuanto a la cantidad de huevos muestreados por parcela, se debió posiblemente al manejo del cultivo, ya que en esa parcela no se eliminó correctamente la maleza. Probablemente, las gramíneas presentes fueron favorables para el desarrollo y la multiplicación de este insecto, debido a la humedad que mantienen en la zona cercana al suelo y la protección que brindan a las ninfas contra la intemperie (Figueredo *et al.*, 2013).

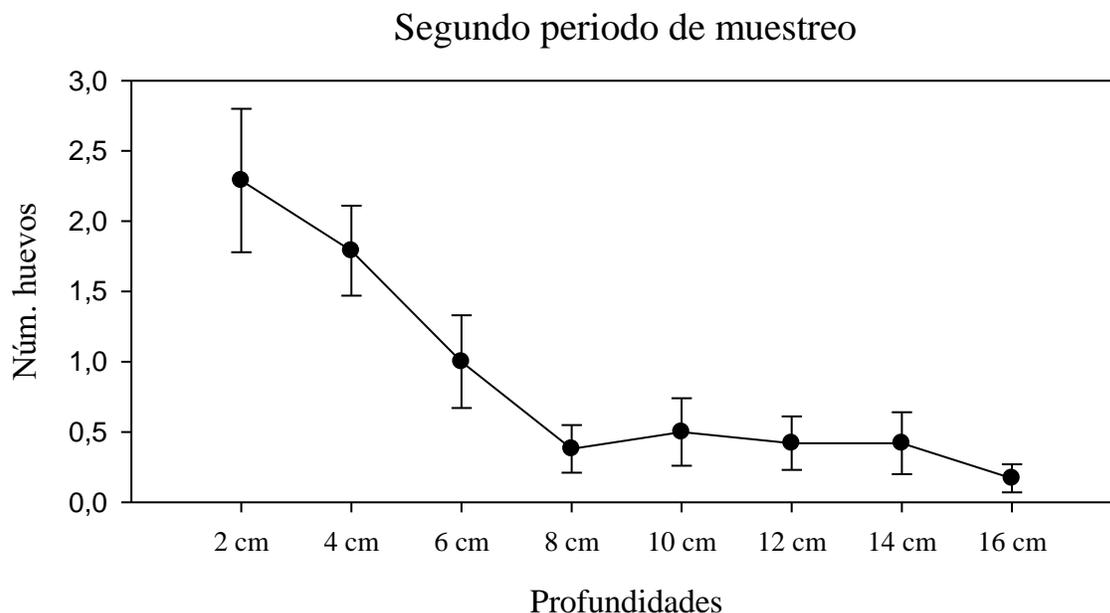


Figura 11. Promedio (\pm error estándar) de huevos de mosca pinta muestreados por profundidad en dos parcelas comerciales de caña de azúcar en el segundo periodo de muestreo.

Durante los muestreos de suelo en la Parcela 2, se observó que no se realizó un manejo agronómico adecuado. Otros factores que pudieron determinar el hallazgo de huevos en cualquier muestra colectada pero principalmente cerca a la base de la cepa, fueron la distribución y dinámica poblacional de la plaga (Figueredo *et al.*, 2011; Figueredo *et al.*, 2012). Las poblaciones de mosca pinta aparecen en los meses de junio a septiembre, cuando inicia el período de lluvias, que combinado con las altas temperaturas permite que las poblaciones se incrementen (García-García *et al.* 2006; Valbuena, 2010); por ello, durante los muestreos realizados, la población de huevos ya se encontraba establecida para todo el cultivo (Evans, 1972).

Aunque los muestreos se realizaron en dos periodos distintos, el comportamiento del total de huevos en cada profundidad fue el mismo en ambos periodos. Hubo una mayor cantidad de huevos de mosca pinta en los primeros 4 centímetros de profundidad, y a partir de los 6 cm hacia abajo

esta cantidad disminuye notablemente (Figuras 10 y 11). En un estudio similar, Pickles (1933) evaluó tres estratos de profundidades para el conteo de huevos de mosca pinta, encontró que en los primeros estratos (0-2.54 y 2.54-5.08 cm) se obtiene el mayor porcentaje, de 73.1 en el primero y 18.0 en el segundo estrato. Además, este autor determinó que era difícil obtener muestras a mayor profundidad, debido a que el suelo se compacta por la presión que se ejerce con la herramienta de muestreo. Por lo que al muestrear más profundo, el dato obtenido se vuelve impreciso y se complica el manejo de cilindro muestreador en campo.

2.4. CONCLUSIONES

Se encuentra una mayor cantidad de huevos de mosca pinta en muestras obtenidas cercanas a la base de la cepa y colectadas sobre el surco, preferentemente en la parte Noroeste de cada cepa en el cultivo de caña de azúcar que se asocia a la parte más sombreadas de la cepa. En los primeros 4 cm de profundidad es más alta la proporción de huevos, respecto a las demás profundidades evaluadas.

2.5. AGRADECIMIENTOS

Se agradece el financiamiento aportado por el Gobierno Federal de México para desarrollar esta investigación, como parte del proyecto: “Diseño de un programa contemporáneo de manejo integrado de mosca pinta en caña de azúcar”, a través de la Confederación de Fundaciones Produce y la Fundación Produce Veracruz, A.C. Fondos adicionales fueron provistos por el Colegio de Postgraduados, Campus Veracruz y la “Línea Prioritaria de Investigación-2 Agroecosistemas

Tropicales, Grupo MaSCaña”. Agradecemos a los productores y autoridades de los Ingenios Azucareros El Modelo y La Gloria por su apoyo en las actividades de campo.

2.6. LITERATURA CITADA

- Auad, A. M., A. D. Simoes, M. V. Leite, S. E. B. da Silva, D. R. dos Santos, and P. H. Monteiro. 2011. Seasonal dynamics of egg diapause in *Mahanarva spectabilis* (Distant, 1909) (Hemiptera: Cercopidae) on Elephant Grass. *Arq. Instit. Biol. Sao Paulo*. 78(2):325-330.
- Badilla, F. 2002. Un programa exitoso de control biológico de insectos-plagas en la caña de azúcar en Costa Rica. *Rev. MIP Agroecol.* 64:77-87.
- Bustillo, A. E., y U. Castro. 2011. El Salivazo de la Caña de Azúcar *Aeneolamia varia* (F.) (Hemiptera: Cercopidae). Hábitos, Biología y Manejo de Poblaciones. CENICANA 16 p. Cali, Colombia. Serie Divulgativa 11.
- Carvalho, S. M. 1985. Ovipositional preference of *Deois schach* in relation to different host species and soil. *Pesq. Agropec. Bras.* 20(6):631-633.
- Castro, U., A. Morales, y D. C. Peck. 2005. Dinámica poblacional y fenología del salivazo de los pastos *Zulia carbonaria* (Lallemand) (Homoptera: Cercopidae) en el Valle Geográfico del Río Cauca, Colombia. *Neotrop. Entomol.* 34(3): 459-470.
- Evans, D. E. 1972. The spatial distribution and sampling of *Aeneolamia varia saccharina* and *A. postica jugata* (Homoptera: Cercopidae). *Ent. Exp. Appl.* 15: 305-318.
- Fewkes, D. W. 1961. Stool size as a factor in the sampling of sugarcane froghopper nymph populations. *J. Econ. Entomol.* 54(4): 771-772.
- Figueredo, L., O. Andrade, J. Cova, R. Briceño, y G. Azad. 2013. Manejo integrado de ninfas de *Aeneolamia varia* (Hemiptera: Cercopidae) en caña de azúcar. *Acta Biol. Venez.* 33(1-2): 163-175.
- Figueredo, L., O. Andrade, J. Cova, O. Mora, y G. Azad. 2012. Distribución espacio temporal de ninfas de *Aeneolamia varia* Fabricius (1787) (Hemiptera: Cercopidae) en caña de azúcar a través de un sistema de información geográfica. *Entomotrop.* 27(1): 7-18.
- Figueredo, L., O. Andrade, M. Niño, J. Quintero, y G. Azad. 2011. Distribución espacial de huevos de *Aeneolamia varia* (Fabricius) (Hemiptera: Cercopidae) en caña de azúcar a través de un sistema de información geográfica. *Rev. Unell. Cienc. Tec.* 29(1): 59-66.
- Flores, C. S. 1994. Las Plagas de la Caña de Azúcar en México. Ed. Silverio Flores Cáceres, México, D.F. 350 p.

- García-García, C. G., J. López-Collado, M. E. Nava-Tablada, J. A. Villanueva-Jiménez, y J. Vera-Graziano. 2006. Modelo de predicción de riesgo de daño de la mosca pinta *Aeneolamia postica* (Walker) Fennah (Homoptera: Cercopidae). *Neotrop. Entomol.* 35(5): 677-688.
- Gómez, L. A. 2007. Manejo del salivazo *Aeneolamia varia* en cultivos de caña de azúcar en el Valle del Río Cauca. CENICAÑA, Colombia. *Carta Trimestral.* 29(2-3): 10-17.
- Hewitt, G. B. 1985. Ovipositional preferences of the spittlebugs *Zulia entreriana* (Berg, 1879) and *Deois flavopicta* (Stal, 1854) (Homoptera: Cercopidae). *An. Soc. Entomol. Bras.* 14(2):197-204.
- Hewitt, G. B. 1986a. Environmental factors affecting spittlebug egg survival during the dry season in central Brazil. *Pesq. Agropec. Bras.* 21(12): 1237-1243.
- Hewitt, G. B. 1986b. Spittlebug egg density in *Brachiaria* pastures in Central Brazil. *An. Soc. Entomol. Bras.* 15(1):109-112.
- King, A. B. S. 1975. The extraction, distribution and sampling of the eggs of the sugar-cane frog hopper, *Aeneolamia varia saccharina* (Dist.) (Homoptera, Cercopidae). *Bull. Entomol. Res.* 65(1): 157-164.
- Linares, F., B. A., y G. Pérez N. 1985. Gramíneas hospederas de *Aeneolamia* spp (Homoptera: Cercopidae) en la Región Centro Occidental de Venezuela. *Caña de Azúcar* 3(1): 34-42.
- Nilakhe, S. S., P. B. Martin, J. R. Valério, W. W. Koller, J. A. G. De Souza Filho, y A. A. Da Silva. 1984. Sampling plans for spittlebug eggs in pastures of *Brachiaria decumbens*. *Pesq. Agropec. Bras.* 19(8): 935-941.
- Peck, D. C., A. M. Pérez, J. W. Medina, M. Barrios, y J. Rojas. 2002a. Fenología de *Aeneolamia reducta* en la Costa Caribe de Colombia. *Past. Trop.* 24(1): 39-55.
- Peck, D. C., A. M. Pérez, y J. W. Medina. 2002b. Biología y hábitos de *Aeneolamia reducta* y *A. lepidior* en la Costa Caribe de Colombia. *Past. Trop.* 24(1): 16-26.
- Pickles, A. 1933. Entomological contributions to the study of the sugar cane frog hopper. *Trop. Agric.* 10: 286-295.
- Pires, C. S. S., P. W. Price, and R. C. De Oliveira. 2000a. Distribution of the spittlebug *Deois flavopicta* Stal (Homoptera: Cercopidae) on wild and cultivated host species. *An. Soc. Entomol. Bras.* 29(3): 401-412.
- Pires, C. S. S., P. W. Price, E. R. Sujii, and C. Avelar. 2000b. Feeding behavior of the spittlebug *Deois flavopicta* (Homoptera: Cercopidae) on wild and cultivated host plants. *Environ. Entomol.* 29(4):750-757.
- Rodríguez Ch., J., U. Castro, A. Morales, y D. C. Peck. 2003. Biología del salivazo *Prosapia simulans* (Walker) (Homoptera: Cercopidae), nueva plaga de gramíneas cultivadas en Colombia. *Rev. Col. Entomol.* 29(2): 149-155.

- SAS Institute Inc. 2014. PROC User's Manual, Version 9.4, 6th ed. SAS Institute, Cary, NC.
- Sujii, E. R., M. A. Garcia, E. M. G. Fontes, C. S. S. Pires, and R. J. O'Neil. 2002. Effects of meteorological variation on mortality in populations of the spittlebug *Deois flavopicta* (Homoptera: Cercopidae). *Environ. Entomol.* 31(2): 299-305.
- Thompson, V., y R. León G. 2005. La identificación y distribución de los salivazos de la caña de azúcar y los pastos (Homoptera: Cercopidae) en Costa Rica. *Rev. MIP Agroecol.* 75: 43-51.
- Valbuena, N. 2010. Dinámica y fenología de *Aeneolamia* spp. en dos especies forrajeras. *Rev. Unell. Cienc. Tec.* 20-24.

CONCLUSIONES GENERALES

Los componentes del sistema de muestreo de huevos de mosca pinta mejoran notablemente con el uso de un marco muestreador de menores dimensiones, así como con la identificación del sitio y profundidad de muestreo en los cuales la cantidad de huevos es alta.

La eficiencia de muestreo de los marcos muestreadores evaluados fue la misma durante los tres periodos de muestreo y en las dos parcelas comerciales de caña de azúcar. Sin embargo, el marco muestreador de 15x15x5 cm redujo considerablemente el esfuerzo de muestreo realizado en campo; además, con esta herramienta se puede coleccionar una mayor cantidad de muestras de suelo. Por ello, el marco de menor tamaño es una buena opción para reemplazar al marco tradicional.

Con muestras coleccionadas adyacentes a la cepa de caña y sobre la parte más sombreada del surco ubicada al noroeste de la cepa, se obtuvo una cantidad mayor de huevos de mosca pinta. De igual forma, en los primeros 4 cm de suelo fue donde se encontró la mayor cantidad de huevos.