

UNIVERSIDAD NACIONAL
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA TIERRA Y EL MAR
ESCUELA DE CIENCIAS AGRARIAS
LICENCIATURA EN INGENIERÍA EN AGRONOMÍA

**USO DE ATRAYENTES OLFATIVOS PARA EL TRAMPEO Y MANEJO DE
Stomoxys calcitrans EN CAMPOS DE ALMACENAMIENTO DE BROZA DE CAFÉ
EN LA ZONA DE LOS SANTOS**

Trabajo de graduación sometido a consideración del Tribunal Examinador de la Escuela de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional para optar al grado de Licenciatura en Ingeniería Agronómica.

Jose Antonio Vargas Badilla

Heredia, Costa Rica

Marzo, 2022

Trabajo de graduación aprobado por el Tribunal Examinador de la Escuela de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional, para optar al grado de Licenciatura en Agronomía.

MIEMBROS DEL TRIBUNAL EXAMINADOR

M.Sc José Alonso Calvo Araya

Representante del Decanato Facultad de Ciencias de la Tierra y Mar

M.Sc Keylor Villalobos

Representante Dirección de la Escuela de Ciencias Agrarias.

MSc. Allan Gonzalez Herrera

Tutor

MSc. Alejandro Vargas Martínez

Lector

Ph.D Francisco Gonzalez Fuentes

Lector

Bach. Jose Antonio Vargas Badilla

Postulante

DEDICATORIA

A mi Dios todo poderoso, a la Virgencita de los Ángeles y San Judas Tadeo patrón de las causas difíciles y desesperadas.

A mi Familia y hermanos por su apoyo incondicional en todos los momentos de mi vida. A mi madre dedicada y hogareña, Maria Luisa Badilla Naranjo quien se levantó todos los días de madrugada para ayudarme a preparar mis viajes a la Universidad. A mi padre Norberto Vargas Ureña caficultor, hombre abnegado perseverante y honesto, labrador de la tierra quien me enseñó el valor del trabajo duro y constante. A Mercedes Castro Mena, mi pareja y colega por tantos momentos de apoyo y ayuda durante la culminación de mi carrera profesional. Los amo a todos esto es también de ustedes.

AGRADECIMIENTOS

Quiero agradecer enormemente a todas aquellas personas que se involucraron durante el proceso de investigación. A los dueños de los beneficios de café quienes con toda la confianza me permitieron realizar la investigación en sus instalaciones e ingresar sin ninguna restricción incluso sin estar ellos presentes.

A mis tutores M.Sc. Allan Gonzales Herrera, Msc. Alejandro Vargas Martínez y Ph.D. Francisco Gonzalez Fuentes quienes con sus consejos y experiencia me guiaron durante el proceso de investigación.

A la empresa CHEMTICA por brindarme la confianza facilitándome los materiales y herramientas necesarias para la ejecución de esta investigación.

A mis profesores de la universidad a quienes debo el conocimiento y aprendizaje durante todos estos años de estudio, los recordare siempre con sentimientos de gratitud. Muchas gracias.

RESUMEN

El siguiente trabajo de investigación se realizó en la Zona de Los Santos en los cantones de Tarrazú, Dota y León Cortez, en los beneficios de café, La Candelilla, Don Oscar, La Roca, Don Mayo, La Cabaña, UNDECAF, Farami y La Pira de Dota entre los meses de mayo y julio del 2020.

El objetivo de la investigación fue evaluar el potencial de captura de *Stomoxys calcitrans* en campos de almacenamiento de broza de café, mediante la utilización de trampas vavoua combinadas y sin combinar con atrayentes olfativos a dos diferentes distancias con respecto al montículo de broza.

De los campos de apilado evaluados, cuatro correspondieron a la colocación de trampas vavoua con atrayentes olfativos, en los campos restantes se colocaron trampas sin atrayente, la selección se realizó al azar. En cada beneficio se utilizaron seis trampas divididas en dos grupos, el primer grupo se colocó a 15 metros y el segundo a 30 metros con respecto al montículo de broza. Dentro de la estrategia de trampeo se contempló la cuantificación de generaciones emergentes mediante el uso de trampas dispuestas a nivel de suelo.

Para todos los muestreos de las trampas se realizó un conteo directo de moscas capturadas. Posteriormente se tomó una submuestra del 10 % para el sexado.

Los análisis de resultados se comprobaron mediante los supuestos de ANOVA y coeficientes de Cramer, Cohen, Pearson índice de Phi y Chi cuadrado.

El mejor comportamiento de captura se obtuvo a partir de trampas vavoua combinadas con atrayentes olfativos y colocadas a 15 metros de distancia con respecto al montículo de broza.

Palabras clave: Trampa vavoua, Atrayente olfativo, Broza de café, Mosca del establo.

ABSTRACT

The following research work was carried out in the Los Santos area in the cantons of Tarrazú, Dota and León Cortez, in the coffee mills of La Candelilla, Don Oscar, La Roca, Don Mayo, La Cabaña, UNDECAF, Farami and La Pira de Dota between May and July 2020.

The objective of the research was to evaluate the capture potential of *Stomoxys calcitrans* in coffee brush stockpile fields, using vavoua traps combined and uncombined with olfactory attractants at two different distances from the brush pile.

Of the pile fields evaluated, four corresponded to the placement of vavoua traps with olfactory attractants, in the remaining fields traps were placed without attractants, the selection was made at random. Six traps divided into two groups were used in each beneficiation, the first group was placed at 15 meters and the second at 30 meters with respect to the brush pile. The trapping strategy included the quantification of emergent generations using traps placed at ground level.

For all trap samplings, a direct count of flies captured was made. Subsequently, a 10 % subsample was taken for sexing.

The analyses of results were tested using ANOVA assumptions and Cramer's, Cohen's, Pearson's Phi index and Chi-square coefficients.

The best capture behavior was obtained from vavoua traps combined with olfactory attractants and placed 15 meters away from the brush pile.

Key words: Vavoua trap, Olfactory attractant, Coffee brush, Stable fly.

INDICE DE CONTENIDOS

I. INTRODUCCION	1
II. OBJETIVOS	3
2.1. Objetivo general	3
2.2. Objetivos específicos.....	3
III. MARCO TEORICO	3
3.1. Generalidades del cultivo del café.....	3
IV. METODOLOGIA	11
4.1. Localización del área de estudio	11
4.1.1. Fase de campo	11
4.1.2. Fase de laboratorio.	12
4.2. Selección de fincas	13
4.3. Determinación de la distancia mínima de colocación de trampas vavoua con atrayentes y capacidad de atracción a través del tiempo para el manejo de la plaga en los campos de apilado	13
4.3.1. Tratamientos.....	13
4.3.2. Recolección de datos	16
4.3.3. Conteo del número de individuos capturados por trampas colocadas.....	16
4.3.4. Determinación de sexos e identificación de individuos	16
4.3.5. Diseño experimental.....	16
4.3.6. Análisis estadístico.....	18
4.4. Establecimiento del periodo crítico de colocación de trampas con atrayentes durante el proceso de apilado de broza para la captura de <i>Stomoxys calcitrans</i>	19
4.5. Cuantificación de generaciones emergentes de <i>S. calcitrans</i> en los campos de apilado de broza, determinando la capacidad de captura de las trampas en combinación con atrayentes olfativos.....	19
4.5.1. Determinación del número de individuos por trampas emergentes colocadas.....	20
4.5.2. Análisis estadístico del efecto de trapeo sobre el desarrollo de la F1	20
V. RESULTADOS	21
5.1 Definición de la distancia minima de colocacion de trampas vavoua combinadas con atrayentes olfativos.....	21
5.2 Establecimiento del periodo crítico de colación de trampas vavoua combinadas con atrayentes olfativo y cuantificación de generaciones emergentes durante el muestreo en los campos de apilado.	25
VI DISCUSION	30

VII CONCLUSIONES	38
VIII RECOMENDACIONES.	39
IX. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	40
X ANEXOS.	47

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Ubicación geográfica áreas de estudio según sistema de coordenadas CRTM 05.	11
Tabla 2. Prueba de hipótesis marginal para las variables establecidas según muestreo.	23
Tabla 3. Comparación muestreo vrs sexo	26
Tabla 4. Comparación distancia vrs sexo	27
Tabla 5. Comparación atrayente vrs sexo.....	28
Tabla 6. Coeficientes de chance.....	29

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Distribución de beneficios de café muestreados en la zona de investigación.	12
Figura 2. Sistema de trapeo Vavoua sin atrayente (A) y con atrayente (B).....	14
Figura 3. Componente A atrayente soluble	15
Figura 4. Componente B atrayente sólido en burbuja plástica sellado	15
Figura 5. Colocación final sistema de trapeo sin atrayente (A) y con atrayente (B)	15
Figura 6. Diseño experimental.	17
Figura 7. Trampas emergentes colocadas a nivel de suelo.....	20
Figura 8. Capturas promedio de moscas adultas (<i>Stomoxys calcitrans</i>) con y sin atrayente a 15 metros y 30 metros de distancia respecto al campo de broza.	22
Figura 9. Evaluación de la capacidad de captura de trampas vavoua según distancia de colocación en metros lineales.	24
Figura 10. Evaluación de captura de trampas vavoua combinadas con atrayentes olfativos.	25
Figura 11. Correspondencias según el grado de interacción entre las variables sexo y atrayente. .	30

I. INTRODUCCION

La producción de café (*Coffea arabica*) posee una importante participación en los mercados de exportación, así como en el desarrollo de economías locales y rurales alrededor de los países productores. Según Canet *et al.* (2016) más de 20 millones de personas que viven en los trópicos dependen de la producción de café como medio de subsistencia e importancia económica ya que es el segundo producto más comercializado después del petróleo.

Según el Instituto del Café de Costa Rica (ICAFFE) la producción nacional se concentra en 7 regiones, de la cual la región Los Santos posee un porcentaje de participación del 42% del total de café producido en el país; con un área efectiva de 27944,3 ha. La producción cafetalera para la cosecha 2018-2019 se dio en 51 cantones alrededor del país, Tarrazú presentó un total de 26019 fanegas producidas mientras que los cantones de Dota y León Cortés mostraron una producción de 167331 y 59459 fanegas respectivamente (ICAFFE, 2019). La capacidad productiva y rendimientos de Tarrazú, Dota y León Cortés ha generado un renombre tanto a nivel nacional como internacional; sin embargo, una alta producción de café conlleva también a una alta generación de rastrojos, resultado del procesamiento del café donde 4,5 fanegas de café en fruta generan alrededor de un metro cúbico de broza o pulpa de café considerándose un residuo orgánico (Chávez y Esquivel, 2019).

Una alta generación de rastrojos de cultivos combinados con una mala gestión o manejo conducen a la proliferación de enfermedades y plagas, haciendo que estos contenidos en muchas ocasiones ofrezcan un ambiente favorable para la alimentación y reproducción de insectos plaga (Instituto Nacional Tecnológico de Nicaragua, 2016). Un ejemplo de ello es la mosca del establo *Stomoxys calcitrans* (Diptera: Muscidae), la cual es una de las principales plagas en la actividad ganadera reproduciéndose sobre materia orgánica en descomposición y estiércol animal, con hábitos alimenticios hematófagos y posibilidades de transmisión de enfermedades al ganado afectado (Solórzano, Gómez y Bravo, 2018). *S. calcitrans* presenta poca selectividad en el rango de hospederos generando afectaciones tanto en porcinos, equinos y mamíferos en general lo que provoca dificultades en el desarrollo de actividades pecuarias traduciéndose en un decaimiento de las economías locales por los bajos

índices de productividad animal relacionados con problemas de sanidad, bienestar animal, ganancias diarias de peso y transmisión de enfermedades (Bernal, Arcilia y Serrano, 2005).

Según el Servicio Fitosanitario del Estado (SFE) en los últimos años se han emitido decretos de emergencia sanitaria en 10 de los 82 cantones del país como resultado del aumento de brotes de *S. calcitrans*, entre ellos los cantones de Pococí, Guápiles y Siquirres. Este último con una alta producción piñera y generación de rastrojos (SFE, 2011).

Para el año 2016 se reportaron los primeros casos de brotes de mosca del establo en la actividad cafetalera de la Zona de Los Santos generando afectaciones en animales domésticos y productivos comprometiendo factores de rendimientos e influencia de enfermedades o padecimientos como anaplasmosis en ganado bovino, lo que generó articulaciones entre el MAG, Ministerio de Salud e ICAFE. Estas instituciones impulsaron la capacitación e información a la población en temas de manejo de residuos vegetales en sitios de permanencia de animales y áreas de almacenamiento de broza, así como nuevas alternativas para el control de brotes.

Debido al aumento de esta problemática, la empresa Chemtica Internacional trabaja en la producción y comercialización de alternativas para el manejo integrado de *S. calcitrans* mediante el desarrollo de atrayentes olfativos que vienen a colaborar en el manejo y prevención de la plaga. Según Mikery (2014), un atrayente olfativo es una mezcla de sustancias sintéticas o naturales que al ser secretadas y liberadas al ambiente provocan una reacción específica sobre un individuo o especies de insectos, tanto de coleópteros como dípteros, logrando una mayor efectividad sobre la captura de potenciales insectos plaga.

El Instituto Nacional de Innovación y Transferencia en Tecnología Agropecuaria (INTA) en conjunto con Chemtica Internacional validan el uso de atrayentes olfativos para el manejo de *S. calcitrans* en rastrojos de piña teniendo resultados de hasta 28 veces mayor capacidad de captura que una trampa común, lo que aumenta la efectividad de control con respecto al área tratada (González y Vargas, s.f.; Tunnakundacha, Desquesnes y Masmearthip, 2017). Es por ello que la finalidad de dicha investigación será generar una estrategia de trampeo que ayude a los productores y empresas a mejorar las medidas de manejo de la mosca del establo mediante el uso de atrayentes olfativos en combinación con

trampas “vavoua” colocadas en las áreas de almacenamiento o apilado de broza presentes en beneficios de café en La Zona de Los Santos.

II. OBJETIVOS

2.1. Objetivo general

Generar una estrategia de trapeo para el manejo de *S. calcitrans*, mediante el uso de atrayentes olfativos combinados con trampas vavoua en campos de apilado de broza de café en beneficios de la Zona de los Santos.

2.2. Objetivos específicos

1. Definir la distancia mínima de colocación y capacidad de atracción de trampas vavoua con atrayentes olfativos para el manejo de la plaga en los campos de apilado.
2. Establecer el periodo crítico de colocación de trampas con atrayentes durante el proceso de apilado de broza para la captura de *S. calcitrans*.
3. Cuantificar generaciones emergentes de *S. calcitrans* en los campos de apilado de broza observando la capacidad de captura de las trampas en combinación con atrayentes olfativos.

III. MARCO TEORICO

3.1. Generalidades del cultivo del café

3.1.1. Origen y distribución geográfica

El cultivo de café es originario del continente africano; la variedad arábica es originaria de Etiopía mientras que la robusta es originaria de la costa Atlántica en los alrededores de Angola. Hoy en día el cultivo del café es ampliamente distribuido en los trópicos, sin embargo, la mayor parte se encuentra cultivada en América Latina, donde Brasil actualmente es el principal productor a nivel mundial seguido por Vietnam, e Indonesia (Pérez, Figueroa, Godínez y Hernández, 2015). El hábitat natural son las zonas donde las condiciones de temperatura mantienen rangos de 15° y 24°C con precipitaciones anuales de

1500 a 3000 mm y una alta definición de periodos secos y lluviosos para el desarrollo y estimulación de la floración, los pisos altitudinales del cultivo pueden darse desde los 800 a 1000 msnm para variedades robustas mientras que las arábicas se cultivan desde los 1500 a 2000 msnm (Da Matta y Rodríguez, 2007).

3.1.2. Descripción de la planta

El café es un cultivo perenne de carácter arbustivo, pertenece a la familia de las Rubiáceas y abarca 800 géneros y 500 especies. La planta presenta hojas opuestas verdes y brillantes con estípulas bien desarrolladas con brotes ortotrópicos generando un crecimiento vertical y brotes plagio trópicos con crecimiento horizontal dando como resultado la formación de ramas primarias, secundarias y terciarias (Blanco, Hagggar, Moraga, Madriz y Pavón, 2003). Además, posee flores de color blanco cuyo crecimiento se da en las axilas de las hojas, sus frutos son drupas rojizas que en su interior contienen dos semillas rodeadas por una membrana cartonoza conocida como pergamino (Camayo y Arcila, 1996).

3.1.3. Importancia económica del cultivo

El cultivo del café a nivel de Mesoamérica ha constituido el desarrollo de gran parte de la población donde más del 90% de los caficultores pertenecientes al área de producción comprendida entre Perú y México, son pequeños con fincas menores a 2 ha. Dicho cultivo es uno de los principales productos agrícolas con mayor participación en el mercado mundial con ingresos anuales superiores a los 15 mil millones de dólares para los países exportadores (Läderach *et al.*, 2011). Según datos de la Promotora de Comercio Exterior (PROCOMER) (2019) el sector cafetalero para la cosecha 2018-2019 en Costa Rica generó un total de 285 millones de dólares en divisas lo que representó un 2,5% del total de ingresos por exportaciones ejecutadas y un 9,3% del total de divisas generadas por parte del sector agropecuario con un 7,6% del Producto Interno Bruto Agrícola y un 0,27% del Producto Interno Bruto Nacional.

3.1.4. Beneficiado del café

Es el proceso industrial de preparación del café en fruta a un elemento de carácter exportable (café oro o pergamino) potenciando las características organolépticas (Soto, 2010). Este proceso comúnmente se divide en tres fases. La fase 1 consiste en tomar el fruto maduro y pasarlo por una despulpadora mecanizada que por efecto de fricción se separa la cáscara roja externa del fruto maduro (Cuartas, 2013). En esta fase se genera el residuo orgánico conocido como “broza” la cual se almacena en campos abiertos para su posterior compostaje.

La fase 2 es el proceso de lavado que elimina el resto de la pulpa adherida al grano (Soto, 2010). En dicha etapa se da la generación del segundo residuo orgánico producto del beneficiado de café conocido como “aguamiel” (Cuartas, 2013). Finalmente, la fase 3, o secado natural el cual consiste en la colocación de los granos de café procesados en la fase 1 y 2 dentro de los patios de secado que mediante efectos de exposición a temperatura y radiación solar se genera un secado uniforme del producto (Cuartas, 2013; Soto, 2010).

3.1.5. Moscas de interés económico presentes en el proceso de beneficiado

En los rastrojos de broza se desarrolla una especie de díptero que presenta estadios similares a *S. calcitrans* entre ellos *Euxesta* spp. (Diptera, Otitidae) que al igual que la mosca del establo se desarrolla en sitios donde se acumula la broza y aguas mieles (R. Chacón, comunicación personal 2 de marzo del 2020). Sus estadios larvarios y pupa pueden confundirse con *S. calcitrans*, sin embargo, su principal diferencia es el desarrollo de los espiráculos, los cuales son de mayor tamaño en *Euxesta* spp. durante su estado larval.

Así mismo se reporta la presencia de mosca domestica (*Musa Domestica*, Diptera, Muscidae) que al igual que *Euxesta* spp. presenta estadios larvales y pupas similares a *S. calcitrans*, sin embargo, la diferencia más evidente entre ambas especies es que la mosca común no cuenta con probosis en su estado adulto por lo que no succiona sangre (Solórzano *et al.*, 2011). Según R. Chacón (comunicación personal 2 de marzo 2020) *M. doméstica* no representa un problema a nivel sanitario sin embargo sí genera cambios conductuales en los

animales bovinos cercanos a dichos rastrojos provocando problemas de estrés y disminución de ganancias de peso diarias por mencionar algunos.

3.1.5.1. Mosca del establo (*S. calcitrans*)

La mosca del establo es un ectoparásito con hábitos alimenticios hematófagos que afecta animales domésticos como el ganado vacuno, equino y porcino. Ante la ausencia de estos huéspedes, pueden afectar a personas (Cruz *et al.*, 2000). Además, se le considera una plaga cosmopolita, logrando adaptarse a gran variedad de condiciones climatológicas (Cruz *et al.*, 2000; Navarro, 2016). Del género *Stomoxys* hay 18 especies conocidas, de las cuales sólo *S. calcitrans* está presente en todo el mundo y es la única especie que es capaz de desarrollarse y sobrevivir en diferentes hábitats (sinantrópica) (Morales, 2019).

3.1.5.2. Clasificación taxonómica

Según Georgí (1985) *S. calcitrans* se clasifica de la siguiente manera:

Phylum: Arthropoda

Clase: Insecta

Orden: Diptera

Familia: Muscidae

Género: *Stomoxys*

Especie: *calcitrans* (L.)

3.1.5.3. Descripción del insecto

El adulto de *S. calcitrans* tiene un tamaño de 5 a 7 mm de largo, presenta 7 manchas pequeñas negras redondeadas en la parte dorsal del abdomen, tiene un aparato bucal chupador de esponja compuesto por el labro y la hipofaringe proyectado hacia adelante en la cabeza (Giraldo, Reyes y Molina, 2011; Rodríguez, 2011). Las larvas pueden llegar a medir de 10 a

12 mm de largo, son de color blanco amarillento y poseen un par de espiráculos caudales de color negro (Borchert, 1981).

3.1.5.4. Biología del insecto

Estas moscas son especialmente activas a temperaturas de 20° C - 27°C, y de hábitos diurnos (Garry, Peterson y Mullens, 2007). Se alimentan de su huésped en las primeras horas de la mañana y en las últimas horas de la tarde en un clima cálido y al medio día en climas frescos o más fríos, encontrándose activa durante todo el año, pero con picos de población dependiendo de la condición climática del lugar (Solórzano *et al.*, 2011). Por lo general el adulto se encuentra en los establos y sus alrededores, ya que se alimenta de la sangre del ganado. La succión de la sangre dura aproximadamente entre 8 a 9 minutos (Atias y Neghme, 1984). Según Madrigal (1992), este insecto también puede ingerir sustancias en descomposición.

3.1.5.5. Ciclo de vida

La mosca del establo crece en materia orgánica húmeda en descomposición. El promedio del ciclo de vida de la mosca del establo en el campo es de 12 a 20 días, dependiendo de las condiciones ambientales, pero usualmente es alrededor de los 28 días. La hembra adulta vive de 7 a 10 días en campo y en condiciones de laboratorio de 4 a 8 semanas. Durante este tiempo ellas ovipositan varias veces y cada oviposición puede contener de 60 – 130 huevos los cuales son puestos en pequeños grupos (Díaz, Luque, Calvache y Hernández, 1997; Solórzano *et al.*, 2011). Díaz *et al.* (1997) determinaron que luego de que la mosca ha ingerido sangre entre 3 y 4 ocasiones, las hembras adultas ovipositan 9 días después sobre la materia orgánica en descomposición.

Cada mosca hembra puede poner 800 huevos durante su vida. Estos eclosionan entre 12 y 24 horas en larvas de primer estadio, las cuales se alimentan y maduran a través de 3 estadios en 12 a 13 días a una temperatura óptima de 27°C en el sitio de crianza (Solórzano *et al.*, 2011). El tercer estadio larvario se transforma en pupa, en donde se desarrolla y emerge el adulto. Los adultos pueden volar entre 1 hora después de emerger, y estará listo para

aparearse 3 o 5 días después. Una vez que se ha dado el apareamiento, la hembra empezará a poner huevos entre 5 y 8 días posteriores (Díaz *et al.*, 1997).

3.1.6. Métodos para el manejo de la mosca del establo

Se recomiendan seguir una serie de lineamientos para el monitoreo y prevención de la plaga en las áreas de almacenamiento de residuos orgánicos, tales como los siguientes (Solórzano *et al.*, 2013).

1. Trampeo masivo por medio de trampas pegajosas o trampas vavoua con el fin de reducir las poblaciones de adultos.
2. Volteo de residuos orgánicos, con el fin de evitar la generación de condiciones idóneas de descomposición y temperatura para el desarrollo de larvas y pupas.
3. Manejo de larvas o medida extrema (apagafuegos) mediante estrategias de muestreo de larvas.
4. Manejo químico basado en un adecuado muestreo de los diferentes estadios de la plaga.

3.1.7. Manejo químico y biológico de la mosca del establo

A nivel general el método químico utilizado para el manejo de *S. calcitrans* es mediante la utilización de insecticidas organoclorados, organofosforados y piretroides que en su momento mediaron en el control de la mosca a nivel de campo, sin embargo, se ha observado el desarrollo de resistencia de esta plaga ante el abuso de insecticidas de este tipo por efecto de una alta presión de uso (Pitzer, Kaufman y Tenbroeck, 2010; Salem *et al.*, 2012). Ferreira, Thadeu, Oliveira y Duarte (2015) mencionan que no solo la aplicación de estos insecticidas para el control *S. calcitrans* ha propiciado la resistencia, sino que también el uso desmedido para el control de otras plagas relacionadas al ganado y sitios de apilado de residuos orgánicos propicia de forma indirecta dicha situación observándose una capacidad de resistencia de hasta el 50% o más en poblaciones evaluadas.

La ineficiencia de los insecticidas químicos ha propiciado la búsqueda de alternativas de manejo, como lo es la aplicación de cepas de hongos entomopatógenos y especies de

nematodos entomopatógenos con capacidad de manejar las infestaciones. Velazco, Cruz, Sahagún, Medina y Ramos (2018) establecen una efectividad de control de hasta 69% de adultos con el uso de *Metarhizium anisopliae* mientras que Souza, Oliveira, Mendonça, Pinheiro y Bittencour (2017) establecieron una mortalidad de larvas de hasta 90% de efectividad con el uso de nematodos del género *Heterorhabditis* traduciéndose a una disminución de la incidencia de adultos con potencial reproductivo.

3.1.8. Antecedentes del uso de atrayentes para el control de *S. calcitrans*

Los atrayentes olfativos aprovechan la capacidad de los insectos para modificar el comportamiento ante la reacción de estímulos de carácter sexual o alimenticios, por lo que se ha justificado la implementación de estos sistemas de manejo sobre una gran cantidad de especies de insectos en otras condiciones agroecológicas (López y Pereda, 2003). Los atrayentes de carácter alimenticio pocas veces en su composición básica, gozan de sustancias o fuentes nutricionales, más bien se genera una asociatividad por parte del insecto con respecto a la capacidad del alimento relacionado con sustancias fermentadas o en descomposición, siendo esta la fuente de atracción para su captura (Méndez, 2009). La capacidad de captura se desarrolla en función de variables como la densidad y altura de colocación de las trampas (Romero, Arzuffi y Morón, 2005), área de colocación del difusor que en dicho caso es el implemento el cual alberga la feromona o atrayente y por supuesto el tipo de trampa o implemento físico con el que se combinara (Flores, Aguirre y Taylor, 2018).

Para Méndez (2009) el uso de trampas en combinación con atrayentes permite un aumento en la capacidad de captura siempre y cuando se tenga claro el comportamiento del insecto tomando en cuenta características alimenticias y reproductivas para la maximización de la captura. Según Vargas y González (s.f.) la combinación de trampas “vavoua” (Figura 2) con atrayentes olfativos tiene mayor capacidad de captura en comparación con trampas blancas pegajosas, obteniéndose una incidencia de 28 veces más capacidad de captura reemplazando 30 trampas blancas pegajosas con una trampa “vavoua” con atrayente olfativo en lo que respecta al manejo de rastrojos en experiencias relacionadas al cultivo de piña. Tras varios reportes se ha establecido una alta efectividad de atracción con respecto al

aprovechamiento de la capacidad olfativa de *S. calcitrans*. De acuerdo con Tunnakundacha, Desquesnes y Masmethathip (2017) el uso de atrayentes olfativos en combinación con trampas “vavoua” incrementa también la capacidad de control y monitoreo, obteniendo valores comparativos 3.6 veces mayor captura que en una trampa “vavoua” común en sitios con permanencia de ganado bovino y campos abiertos.

3.1.9. Antecedentes del uso de trampas vavoua para el control de *S. calcitrans*

En lo que respecta al uso y colocación de trampas vavoua como manejo integrado de mosca del establo Minok, Carlson, Krafur y Foil (2006) establecen que la capacidad de captura va en función de factores como la combinación de colores oscuros con bajo reflejo de luz y posición de la trampa con respecto a la trayectoria del sol. Blanco y Arguedas (2015) determinaron que la garantía de captura de trampas con colores azules y negros combinados es mucho mayor en comparación con trampas de colores claros. Hidalgo (2013) registró que la captura de *S. calcitrans* ante longitudes de onda baja (360 – 550 nm) fue mucho más efectiva que con otras longitudes de onda producto del reflejo de luz en función con colores más claros.

Minok *et al.* (2006) establecen que el comportamiento de la plaga ante la reacción de estímulos no se ve alterada cuando las trampas son colocadas a distancias cortas con respecto al sitio de emergencia o reproducción, mientras que a distancias amplias influyen factores como la interferencia de objetos, luminosidad y movimiento por el viento disminuyendo la captura de las trampas a través del tiempo.

La trampa vavoua está conformada por la combinación de tela azul y negra a base de poliéster y polietileno, su forma de colocación se caracteriza por la conformación de una estructura cónica (Figura 2) la cual en su punto más alto se equipa con un recipiente de plástico transparente como cámara de recolección, la capacidad de captura de la trampa aprovecha la afinidad de atracción de *S. calcitrans* hacia la combinación de la tela azul y negra así como su comportamiento de vuelo que es siempre hacia arriba logrando ingresar al recipiente de recolección limitando su trayectoria (Solórzano *et al.*, 2015).

3.1.10. Época de colocación del trampeo para el control de *Stomoxys calcitrans*

Para Solórzano *et al.*, (2013), la mejor época de colocación de las trampas va a depender de las condiciones climáticas del lugar, en días cálidos y secos la actividad y presencia de *S. calcitrans* a nivel ambiental tiende a disminuir mientras que en el periodo de inicio de lluvias (mayo a julio) se reportan el desarrollo de brotes importantes marcando el inicio de colocación de trampas.

IV. METODOLOGIA

4.1. Localización del área de estudio

4.1.1. Fase de campo

El trabajo de investigación se llevó a cabo durante un periodo de tres meses en 8 fincas dedicadas al proceso de despulpado y beneficiado del cafeto ubicadas en los cantones de Tarrazú, Dota y León Cortés de la provincia de San José; específicamente en las comunidades de La Sabana, Bajo Canet, San Isidro, San Pablo y Santa María (Zona de Los Santos) (Figura 1) (Tabla 1).

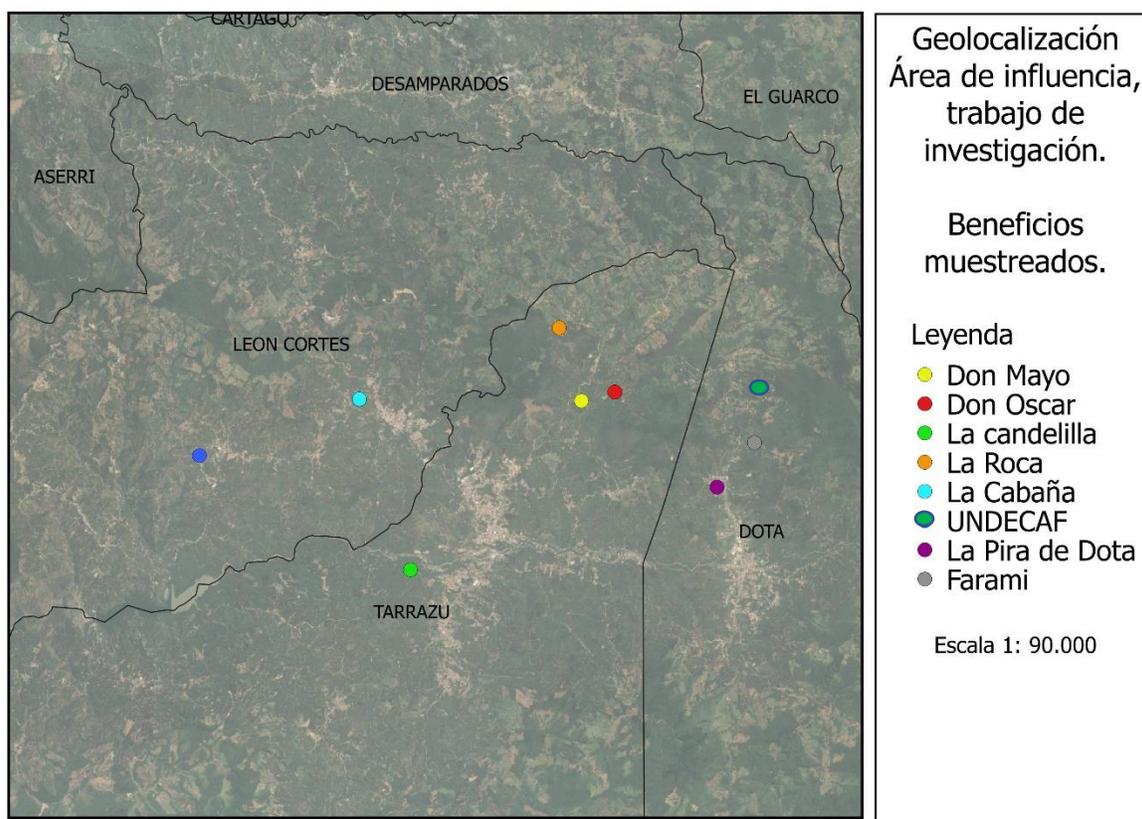
Tabla 1. Ubicación geográfica áreas de estudio según sistema de coordenadas CRTM 05.

Finca	Cantón	Distrito	Caserío	Ubicación geográfica
Beneficio la Candelilla	Tarrazú	San Marcos	La Sabana	4995889-1067400
Beneficio Don Oscar	Tarrazú	San Marcos	Canet	4991124-1069935
Micro beneficio La Roca	Tarrazú	San Marcos	Canet Arriba	4999208-1072824
Beneficio Don Mayo	Tarrazú	San Marcos	Barrio Maria Auxiliadora	4997675-1068290
Micro beneficio La Cabaña	León Cortez	San Pablo	Carrizal	4994716-1071196
UNDECAF	León Cortez	San Isidro	La Trinidad	4991129-1069930
Micro beneficio FARAMI	Dota	Santa Maria	El Higuieronal	5003608-1070196
Micro beneficio La Pira de Dota	Dota	Santa Maria	Llano de la Piedra	5003357-1064528

Fuente: Elaboración propia.

Las fincas se encuentran en un rango de altura de 1400 a 1800 msnm y ubicadas en una zona de vida que pertenece al bosque húmedo montano bajo (bh- MB) con precipitaciones de 3,74 mm/día, una humedad relativa de 79, 65% y temperaturas máximas de 30°C y mínimas de 21.65°C anuales con periodos de 3 a 4 meses con ausencia de precipitaciones. Además, se presentan suelos del orden ultisoles y suborden humults (Instituto de Desarrollo Rural de Costa Rica, 2016).

Figura 1. Distribución de beneficios de café muestreados en la zona de investigación.



Fuente: Elaboración propia.

4.1.2. Fase de laboratorio.

El conteo, identificación y separación de moscas se realizó en la Agencia de Extensión Agropecuaria de Tarrazú del MAG la cual cuenta con el equipo de laboratorio básico y necesario para tales funciones.

4.2. Selección de fincas

Las fincas en las que se realizó el estudio producen y procesan el café con capacidad de despulpado de 70 hasta 550 fanegas o dos dobles hectolitros, poseen un rango de área para apilado de broza que va de los 100 a los 700 metros cuadrados con condiciones climáticas similares dada la ubicación a nivel de zona. El pico de incidencia de *S. calcitrans* inicia en los meses de febrero con mayor incremento en los meses de marzo y abril debido a las precipitaciones esporádicas que se dan producto del periodo de transición a la época lluviosa que va de abril a noviembre (Solórzano *et al.*, 2013).

4.3. Determinación de la distancia mínima de colocación de trampas vavoua con atrayentes y capacidad de atracción a través del tiempo para el manejo de la plaga en los campos de apilado

4.3.1. Tratamientos

Se utilizaron trampas “vavoua” como sistema de trampeo principal colocadas a 2 distancias con respecto al campo de apilado de broza de cada finca. El sistema de trampeo evaluado consistió en la utilización de trampas vavoua combinadas y sin combinar con atrayentes olfativos siendo estas últimas el testigo (Figura 2). El distanciamiento establecido para las trampas con respecto al montículo de broza apilada fue de 15 y 30 metros para todos los tratamientos, en cada finca se estableció una unidad experimental con tres repeticiones por distancia teniendo un total de 6 trampas (tres trampas colocadas a 15 metros y 3 trampas colocadas a 30 metros con respecto a la pila de broza almacenada). Se evaluaron un total de 8 fincas de las cuales 4 se colocaron con atrayentes olfativos y 4 sin atrayentes olfativos manteniendo la unidad experimental descrita evaluando la capacidad de captura a través del tiempo. A nivel general todas las fincas durante el proceso de almacenamiento de broza de café gozaron de las mismas condiciones de manejo del rastrojo, teniendo como criterio general el apilado en un campo específico y el tapado del montículo.

Se utilizaron dos atrayentes olfativos uno de carácter soluble (componente a) (Figura 3) y otro de carácter sólido (componente b) (Figura 4) ambos colocados en la misma trampa vavoua. La composición de ambos componentes es una mezcla sintética de compuestos orgánicos propietarios de la compañía Chem Tica S.A, con características sinérgicas de

interacción y efectividad de captura ya que ambos simulan ambientes idóneos relacionados con comportamientos de ovoposición, reproducción y alimentación según el fabricante.

El proceso de colocación de la trampa vavoua y los atrayentes se realizó según la siguiente descripción.

1. Se colocó la trampa vavoua sobre dos postes introducidos a nivel de suelo, (Figura 5) seguidamente se utilizaron “piolas” para dar tensión a la trampa amarrando los cuatro extremos (dos superiores y dos inferiores) evitando que la tela quede a nivel de suelo.
2. Se retiró la tapa del recipiente que contiene el atrayente soluble presente en el componente (a) (Figura 3), y se agregó agua hasta la marca water level (WL), se agitó suavemente para diluir el atrayente.
3. Se tomó el atrayente sólido o componente (b) (Figura 4) y se colgó dentro de la trampa vavoua, esta se rotuló para mantener el control con respecto al tiempo y durabilidad.
4. El proceso de colocación de los atrayentes dentro de las trampas vavoua se repitieron según los cambios requeridos una vez que se cumplió el periodo de caducidad de los atrayentes.

Figura 2. Sistema de trampeo Vavoua sin atrayente (A) y con atrayente (B)



Fuente: Elaboracion propia.

Figura 3. Componente A atrayente soluble



Fuente: Elaboracion propia.

Figura 4. Componente B atrayente sólido en burbuja plástica sellado



Fuente: Elaboracion propia.

Figura 5. Colocación final sistema de trapeo sin atrayente (A) y con atrayente (B)



Fuente: Elaboracion propia.

4.3.2. Recolección de datos

Los muestreos y evaluaciones de todas las trampas se realizaron durante un periodo de 7 semanas (con y sin atrayente) y a las 2 distancias establecidas previamente. La evaluación se ejecutó una vez por semana entre las 8 a.m. – 11 a.m. y de 3 p.m. – 6 p.m. en todas las fincas evaluadas teniendo como referencia los picos de mayor actividad de *S. calcitrans* según el protocolo y las observaciones citadas por Solórzano *et al.*, (2013). En cada uno de los muestreos se recolectó el total de moscas capturadas dentro del recipiente de la trampa haciendo un barrido por todas las fincas evaluadas y en todas las trampas colocadas. Posteriormente se realizó el conteo de las moscas y sexado en la Agencia de Extensión Agropecuaria del MAG ubicada en San Marcos de Tarrazú.

4.3.3. Conteo del número de individuos capturados por trampas colocadas

Para cada muestreo se contó el número total de adultos atrapados, así como la identificación y proporción de sexos (macho – hembra), para ello se ejecutó un conteo directo del total de individuos presentes dentro de las trampas.

4.3.4. Determinación de sexos e identificación de individuos

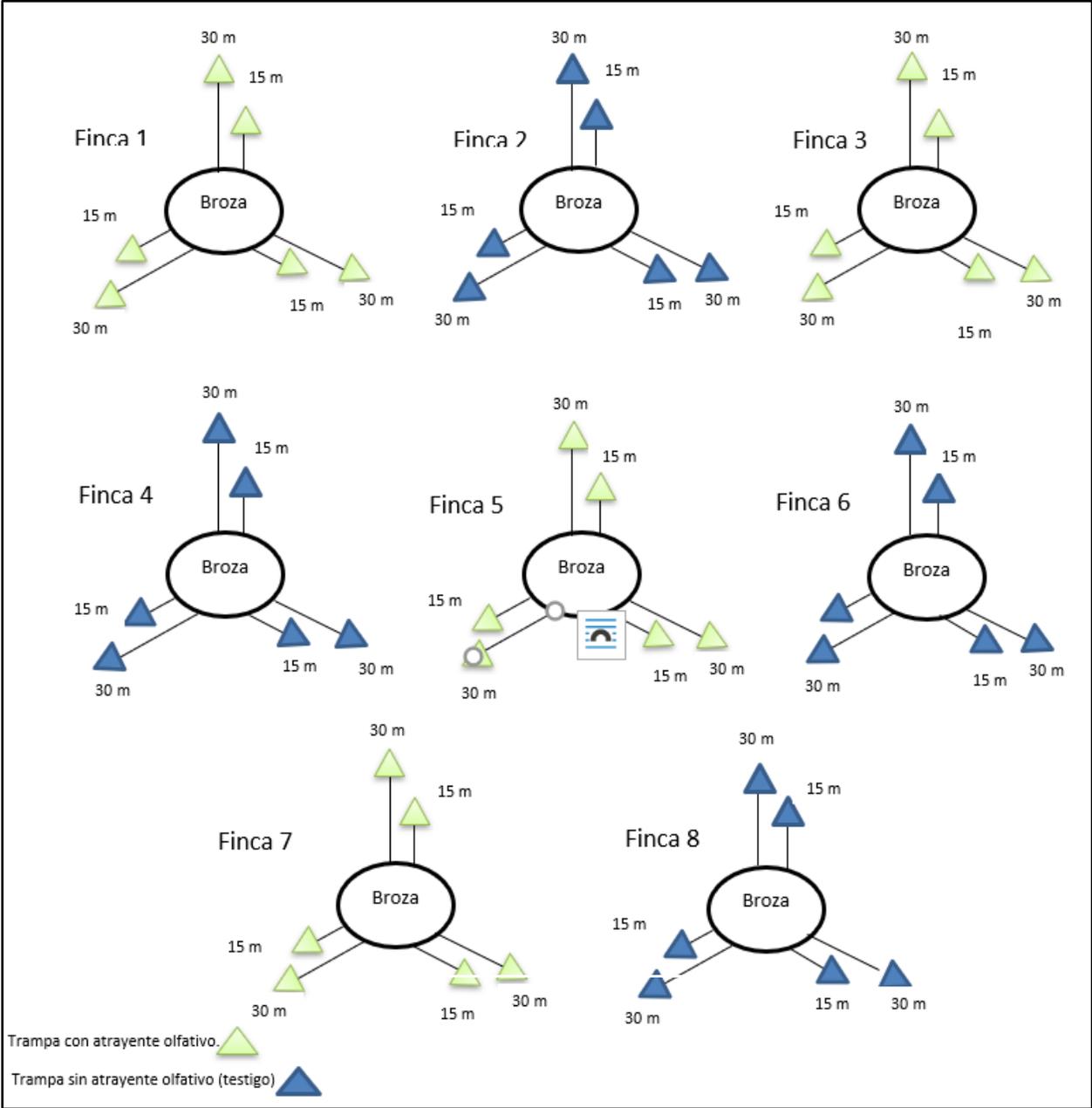
Se utilizaron claves entomológicas y consulta del material bibliográfico Dípteros de Costa Rica y América Tropical (Zumbado, 2006). La identificación de proporción de sexos se realizó mediante la obtención de una submuestra del 10% del total de moscas capturadas utilizando un estereoscopio marca *Greenough*.

4.3.5. Diseño experimental

En cuanto a la estructura del tratamiento, se denominó trifactorial con interacción, donde el primer factor tiene 2 niveles correspondientes a la trampa con atrayente y sin atrayente, el segundo factor es la distancia de colocación con dos niveles correspondientes a 15 y 30 metros y el tercer factor son las mediciones en el tiempo. La unidad observacional corresponde a la misma que la unidad experimental, conformado por la combinación del sistema de trampeo y la distancia. El diseño establecido fue por parcelas divididas (Split-blocks) donde la parcela principal es cada finca para evitar la confusión entre trampa con atrayente y sin atrayente, mientras que la subparcela es la separación de las distancias dentro

de cada parcela. Se utilizaron 8 fincas y dentro de cada finca se colocaron tres trampas por distancia como se observa en la Figura 6. De esta forma, al final se obtuvieron 48 trampas en total distribuidas en 8 fincas de las cuales 24 son con atrayente olfativo y las otras 24 sin atrayente olfativo. Los atrayentes colocados se renovaron a las 4 semanas de iniciado el periodo de evaluación, a partir de las recomendaciones técnicas del fabricante.

Figura 6. Diseño experimental.



Fuente: Elaboración propia.

4.3.6. Análisis estadístico

Para determinar el efecto de los tratamientos sobre las variables de respuesta estudiada (conteo de adultos y su proporción de sexos), se realizó un análisis de varianza (ANOVA). El modelo lineal para el experimento trifactorial (trampeo, distancia y fecha) es el siguiente:

$$Y_{ijkl} = \mu + \alpha_i + \gamma_j + \beta_k + (\alpha\gamma)_{ij} + (\alpha\beta)_{ik} + (\gamma\beta)_{jk} + (\alpha\gamma\beta)_{ijk} + \varepsilon_{ijkl}$$

$$\text{con: } i = 1,2 \quad j = 1,2 \quad k = 1,2,3 \quad l = 1,2,3,4$$

Con

Y_{ijkl} : variable de respuesta del i-ésimo trampeo, j-ésima distancia, la k-ésima fecha de evaluación y la l-ésima repetición.

μ : media general

α_i : efecto de la i-ésimo trampeo.

γ_j : efecto de la j-ésima distancia

β_k : efecto de la k-ésima fecha de evaluación

$\alpha\gamma_{ij}$: efecto adicional (interacción) para la combinación de los niveles i del trampeo y j distancia

$\alpha\beta_{ik}$: efecto adicional (interacción) para la combinación de los niveles i del trampeo y k fecha de evaluación.

$\gamma\beta_{jk}$: efecto adicional (interacción) para la combinación de los niveles j distancia y k fecha de evaluación.

$\alpha\gamma\beta_{ijk}$: efecto adicional (interacción) para la combinación de los niveles

ε_{ijkl} : término de error que se distribuye normal independiente con media cero y varianza constante'

Se comprobaron los supuestos del ANOVA con gráficos diagnósticos y de correspondencias evidenciando el grado de interacción entre las variables propuestas.

Los resultados se analizaron en función de los criterios de coeficientes de Cramer, Cohen, Pearson e índice de Phi que lograron evidenciar diferencias estadísticas entre los tratamientos. El nivel de comparación o relación existente entre las hipótesis evaluadas se

ejecutaron mediante análisis de Chi cuadrado con relación ($p < 0.05$) Ha positiva, ($p > 0.05$) Ha negativa obteniendo la formación de grupos excluyentes y la no transición entre tratamientos.

4.4. Establecimiento del periodo crítico de colocación de trampas con atrayentes durante el proceso de apilado de broza para la captura de *Stomoxys calcitrans*

Para el establecimiento del periodo crítico de colocación de trampas se consideró el número total de moscas capturadas para cada fecha de muestreo y para cada combinación de factores. Se realizó un gráfico de puntos para la generación de curvas descriptivas del comportamiento de la mosca pudiendo determinar los puntos de referencia de capturas según los conteos de cada semana, seguidamente se utilizaron gráficos de barra para evidenciar los comportamientos de captura con respecto a las distancias evaluadas y la presencia o ausencia del atrayente olfativo. Se utilizó el programa R-Studio para la elaboración de las herramientas gráficas.

4.5. Cuantificación de generaciones emergentes de *S. calcitrans* en los campos de apilado de broza, determinando la capacidad de captura de las trampas en combinación con atrayentes olfativos

Para la cuantificación de generaciones emergentes se utilizaron trampas emergentes (Figura 6) para la captura y conteo de las moscas emergidas del suelo en cada sitio de evaluación. Se utilizaron los mismos campos de broza y se dispuso de una trampa emergente por cada finca para a un total de 8. Cada trampa emergente se colocó a nivel de suelo sobre la broza y se tomó en cuenta el ciclo de vida de *S. calcitrans*. Las trampas emergentes se colocaron 12 días después de colocadas las trampas vavoua en el campo de apilado de broza.

Figura 7. Trampas emergentes colocadas a nivel de suelo.



Fuente: Elaboración propia.

4.5.1. Determinación del número de individuos por trampas emergentes colocadas

Se colectaron los individuos emergidos cada dos semanas entre las 8 a.m. – 11 a.m. y de 3 p.m. – 6 p.m. según los picos de actividad de *S. calcitrans* reportado por Solórzano *et al.*, (2013). Se contó el número de adultos atrapados, así como la proporción de machos y hembras dentro de la trampa. Se mantuvo la misma propuesta metodológica mencionada en los puntos 4.3.4 y 4.3.5 tanto para el conteo de adultos como para el sexado.

4.5.2. Análisis estadístico del efecto de trampeo sobre el desarrollo de la F1

Para determinar el efecto de la emergencia o desarrollo de la nueva generación (F1) se va a construir un intervalo de confianza para la media con un coeficiente de confianza del 95% tal como se observa en la siguiente ecuación (1) siendo $\alpha = 5\%$ mediante el uso del programa R-Studio versión 1.1.463.

$$P\left(\underline{X} - t_{(n-1, \frac{\alpha}{2})} \times \sqrt{\frac{S^2}{n}} \leq \mu \leq \underline{X} + t_{(n-1, \frac{\alpha}{2})} \times \sqrt{\frac{S^2}{n}}\right) = (1 - \alpha) \quad (1)$$

Para el caso de hembras y machos se construyó un intervalo de confianza para la proporción, primeramente se verifico el tamaño de la muestra (n) que luego se multiplico por el estimado de la proporción (\underline{p}) y el tamaño de la muestra (n) .

Para la determinación de la distribución normal (μ_p, σ_p), $(1 - \underline{p})$ deben ser ≥ 5 , la cual se obtuvo a partir de la siguiente formula.

$$L_i = p \pm Z \times \sqrt{\frac{p(1-p)}{n}}$$

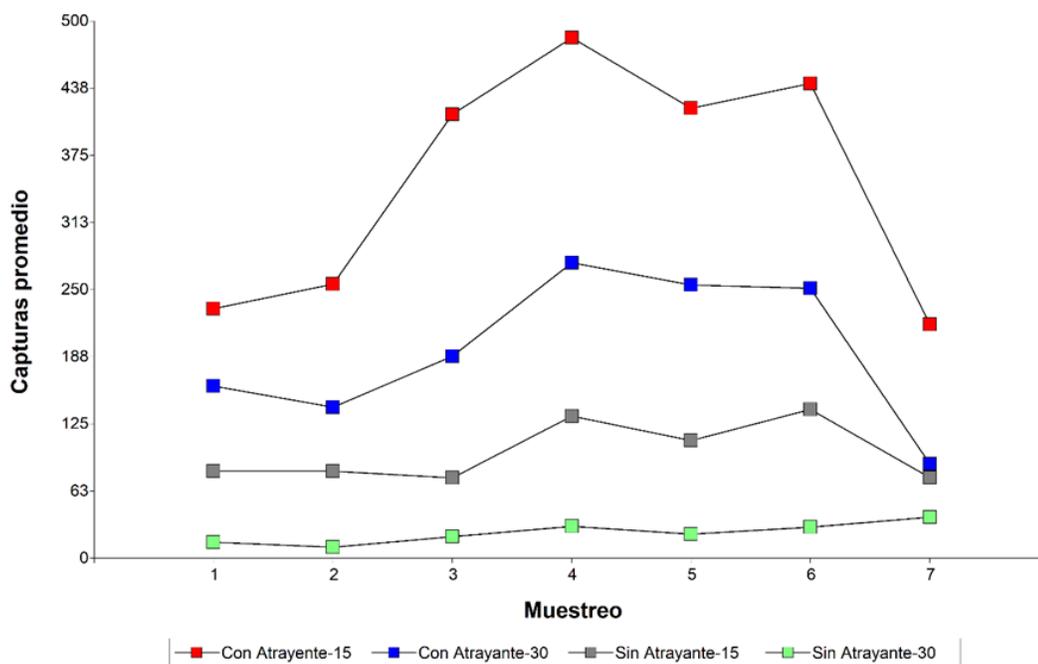
Donde L_i se refiere al límite superior y al límite inferior.

V. RESULTADOS

5.1 Definición de la distancia minima de colocacion de trampas vavoua combinadas con atrayentes olfativos.

Para el análisis del número de capturas en función de la distancia de colocación de trampas vavoua con y sin atrayente se logró determinar un efecto de atracción y captura tal y como se observa en la Figura 8. Para las distancias donde se implementó la estrategia de combinación de atrayente con trampa vavoua el efecto de atracción fue mucho mayor tanto a los 15 como a los 30 metros de colocación, mientras que la ausencia de atrayente se tradujo en una menor proporción en las capturas de *Stomoxys calcitrans* durante todo el periodo de evaluación.

Figura 8. Capturas promedio de moscas adultas (*Stomoxys calcitrans*) con y sin atrayente a 15 metros y 30 metros de distancia respecto al campo de broza.



Fuente: Elaboración propia.

A partir de la segunda semana de evaluación se evidenció un aumento en los porcentajes de captura para aquellas trampas combinadas con atrayentes olfativo y colocadas a 15 metros del montículo de broza, siendo esta combinación la que mayor efecto de captura presentó durante el muestreo.

Para el quinto y sexto muestreo se estableció una tendencia de disminución de captura a nivel general para trampas combinadas con atrayente olfativo y colocadas a 15 y 30 metros, sin embargo, para las trampas sin combinar y en ambas distancias la capacidad de captura se mantuvo estable sin presentar picos altos de capturas.

En la séptima semana de evaluación se observó una disminución considerable de captura de trampas combinadas con respecto a la semana cinco, obteniendo porcentajes de captura similares a los testigos colocados a 30 metros, para dicha fecha de muestreo se cumplieron 45 días de colocación de los atrayentes olfativos los cuales presentan variabilidad en el número de capturas una vez se culminan 30 días de colocación según el fabricante.

5.1.2 Análisis marginal para las variables muestreo, atrayente y distancia.

En cuanto al análisis de varianza, para la estructura factorial que combina los niveles de muestreo, atrayente y distancia no hubo diferencias significativas ($p = 0.8025$). En la tabla 2 muestra los resultados del análisis inferencial tomando en cuenta las variables de distancia y atrayentes olfativos combinados durante el muestreo. En cada una de las combinaciones realizadas no se evidenciaron diferencias significativas ($p > 0.05$).

Tabla 2. Prueba de hipótesis marginal para las variables establecidas según muestreo.

Variable	Valor p
Muestreo	0.1857
Atrayente olfativo	0.0245*
Distancia	0.0566*
Muestreo: Atrayente olfativo	0.6513
Muestreo: Distancia	0.8484
Atrayente: Distancia	0.8627
Muestreo: Atrayente: Distancia	0.8025

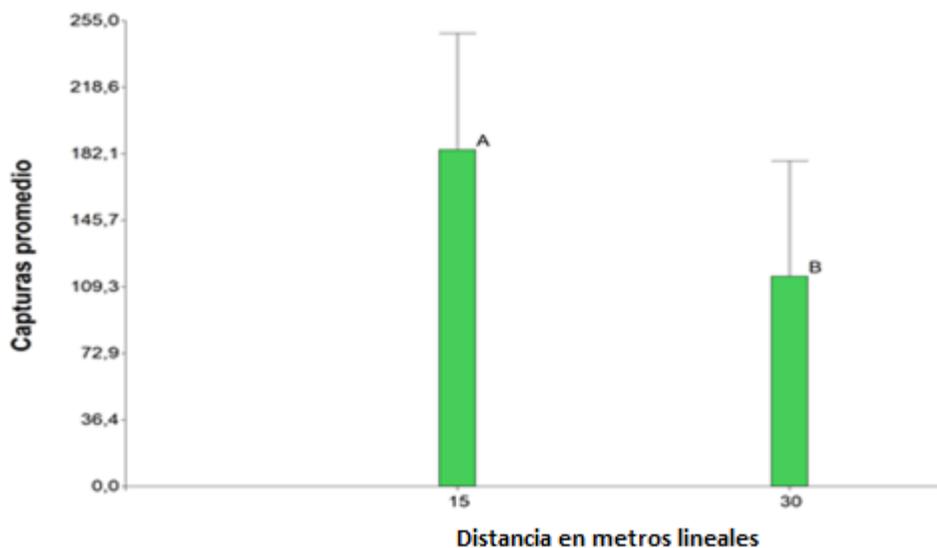
Valores $p < 0.05$ establecen diferencias significativas entre la comparación de medias de los grupos que se evalúan.

Fuente: Elaboración propia.

En lo que respecta a la variable muestreo, por sí sola no se observó una diferencia significativa durante la evaluación de medias, esto demuestra que las capturas obtenidas mantuvieron un promedio similar durante todos los muestreos, esto sugiere que la presencia de *S calcitrans* durante la evaluación fue equivalente en cada uno de los campos de apilado.

Seguidamente para la variable distancia el valor de probabilidad es igual a 0.0566, a pesar de ser un valor mayor que alfa, al ser un análisis marginal, se consideró significativo, por lo tanto, existe evidencia para determinar que hay diferencia con relación a la capacidad de captura entre las distancias evaluadas. La Figura 9 muestra las capturas promedio para cada distancia, siendo 184 moscas para la distancia de 15 metros mientras que para la distancia de 30 metros fue de 115 moscas.

Figura 9. Evaluación de la capacidad de captura de trampas vavoua según distancia de colocación en metros lineales.

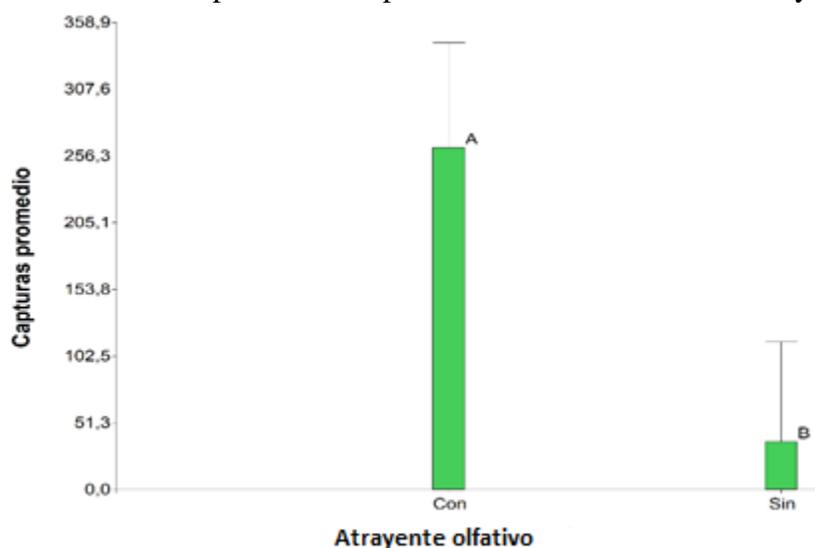


Fuente: Elaboración propia.

5.1.3 Análisis y evaluación para la variable atrayente

Con respecto a la variable atrayente olfativo el valor de probabilidad obtenida es igual a 0.0245, evidenciando que existe una diferencia significativa en la colocación de atrayente olfativo en la estrategia de trampeo. La Figura 10 muestra que la combinación de trampas vavoua con atrayentes olfativos son significativamente diferentes a partir de la comparación con el testigo (trampa sin atrayente), teniendo un promedio de captura de 36.80 moscas en comparación con 262.83 moscas.

Figura 10. Evaluación de captura de trampas vavoua combinadas con atrayentes olfativos.



Fuente: Elaboración propia.

Siendo entonces la combinación que presento los mejores promedios de captura según las Figuras 9 y 10 fueron las trampas colocadas a 15 metros de distancia y combinadas con atrayentes olfativos.

5.2 Establecimiento del periodo crítico de colación de trampas vavoua combinadas con atrayentes olfativo y cuantificación de generaciones emergentes durante el muestreo en los campos de apilado.

5.2.1 Análisis de las variables derivadas del proceso de conteo e identificación

Durante el muestreo ejecutado en las siete semanas de evaluación se realizó la identificación de la variable sexo durante los primeros cinco conteos. Se logró determinar una relación directa con respecto a las capturas encontradas tomando en cuenta la variable distancia de colocación de trampas y la combinación de atrayente olfativo.

Para el análisis respectivo en la relación distancia, sexo y atrayente se determinó la hipótesis nula (H_0) donde se establece que no existe relación entre las variables evaluadas (Muestreo – Sexo, Atrayente – Sexo y Distancia – Sexo) así como la generación de la hipótesis alternativa (H_a) donde se establece que si existe una relación entre las variables evaluadas según la distribución anterior.

Para la determinación del grado de independencia de las variables se comparó el valor Alfa (0.05) con métodos de evaluación de hipótesis a partir de cuadros de contingencia mediante Chi cuadrado y para determinar la fuerza de dependencia se utilizaron los coeficientes de Cramer, Pearson, Phi y Kappa Cohen distribuidos en el análisis. El Chi cuadrado según la probabilidad obtenida ($p < 0.0001$) estableció una relación estadística entre el muestreo realizado y el sexo evaluado (tabla 3), se observó que la cantidad de hembras capturadas aumentaron conforme se avanzó con el número de muestreos. Por otro lado, la cantidad de machos presento una menor proporción de captura en comparación con la cantidad de hembras.

Tabla 3. Comparación muestreo vrs sexo

Muestreo	Hembras	Machos	Total
1	430	170	600
2	458	146	604
3	575	411	986
4	691	413	1104
5	678	361	1039
Total	2832	1501	4333

Estadístico	Valor	Grados de libertad	Valor P
Chi cuadrado	65.12	4	<0,0001
Pearson			
Chi cuadrado	66.62	4	<0,0001
Coefficiente de Cramer	0.09		
Coefficiente de Pearson	0.12		

Fuente: Elaboración propia.

En el análisis de comparación el Coeficiente de Cramer da como resultado un valor de 0.09 por lo tanto se demostró una relación baja entre las variables de muestreo y sexo. Así mismo el Coeficiente de Pearson con valor de 0.12 comprobó también el grado de correlación

directa entre ambas variables señalando que conforme avanzaron los muestreos en la etapa de evaluación el número de capturas aumentaron, manteniéndose siempre una mayor proporción de hembras a través del tiempo.

En lo que respecta la comprobación de relación de las variables evaluadas distancia vs sexo (tabla 4) el Chi Cuadrado dio como resultado un valor de probabilidad mayor a 0.05 ($p = 0.2741$), indicando que no hay dependencia entre variables.

Tabla 4. Comparación distancia vrs sexo

Distancia	Hembras	Machos	Total
15	1808	933	2741
30	1024	568	1592
Total	2832	1501	4333

Estadístico	Valor	Grados de libertad	Valor P
Chi cuadrado de Pearson	1.20	1	0.2741
Chi cuadrado MV-G2	1.19	1	0.2746
Irwin Fisher bilateral	0.02		0.2747
Coefficiente de Cramer	0.01		
Kappa Cohen	0.02		
Coefficiente de Pearson	0.02		
Coefficiente de Phi	0.02		

Fuente: Elaboración propia.

Para los resultados obtenidos a partir del análisis de Fisher ($p = 0.2747$) se comprobó una relación independiente entre ambas variables, así mismo los análisis de correlación a partir de Cramer, Kappa Cohen, Pearson y Phi según los valores obtenidos no lograron evidenciar una relación directa entre las variables distancia y sexo comparadas.

Para la comparación atrayente versus sexo, el valor de probabilidad para el Chi cuadrado (tabla 5) resulto en un valor menor a 0.05 ($p = 0.0001$). Se logró determinar según la hipótesis establecida una relación directa entre la capacidad de captura del atrayente y la variable sexo, siendo las hembras un 68% del total de capturas obtenidas cuando se utilizó el atrayente olfativo.

Tabla 5. Comparación atrayente vrs sexo

Atrayente	Hembras	Machos	Total
Con	2467	1154	3621
Sin	365	347	712
Total	2832	1501	4333

Estadístico	Valor	Grados de libertad	Valor P
Chi cuadrado de Pearson	74.76	1	<0,0001
Chi cuadrado MV-G2	72.04	1	<0,0001
Irwin Fisher bilateral	0.17		<0,0001
Coefficiente de Cramer	0.09		
Kappa Cohen	0.12		
Coefficiente de Pearson	0.13		
Coefficiente de Phi	0.13		

Fuente: Elaboración propia

Para las evaluaciones a partir de los coeficientes de Cramer, Cohen, Pearson e índice de Phi, los resultados establecieron concordancia entre las variables evaluadas comprobándose nuevamente la relación existente entre sexo capturado y atrayente olfativo.

A nivel general, según el análisis de contingencia se estableció que del total de capturas obtenidas durante el periodo de evaluación el 83% corresponde al conteo obtenido a partir de las trampas combinadas con atrayente olfativo, a su vez a partir de dichas capturas el 61% corresponde a hembras según la identificación a nivel de laboratorio.

5.2.2 Análisis de razón de probabilidades para la comparación de variables sexo vrs atrayente.

Según la tabla 6 en lo que respecta a la diferenciación de sexos, el grado o valor de la correlación superior encontrado fue de 2.09 veces mayor captura de hembras en presencia de atrayente olfativo, mientras que el valor de correlación encontrado para la interacción atrayente macho fue de 0.5 veces por lo que se logró identificar una mayor afinidad en la atracción de hembras durante el trampeo con atrayente.

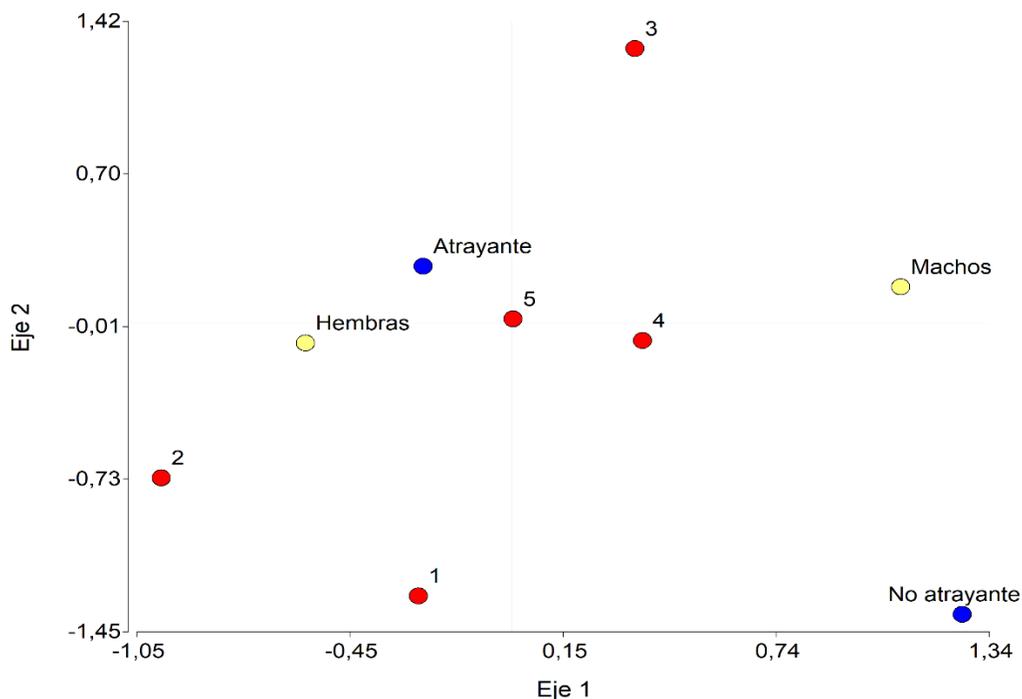
Tabla 6. Coeficientes de chance

Estadístico	Estimación	Límite inferior 95%	Límite superior 95%
Odss ratio 1/2	2.03	1.73	2.09
Odss ratio 2/1	0.49	0.42	0.5

Dicho análisis se estableció con el fin de determinar el grado de correlación entre las variables evaluadas, para tal caso se determinó que existe una interacción fuerte para la captura de *Stomoxys calcitrans* cuando existió presencia de atrayente olfativo.

Para comprobar el grado de interacción en los análisis de correlación expuestos (Figura 10), se definió el gráfico de correspondencias como herramienta de análisis descriptivo. Para tal caso, se alcanzó a observar la cercanía entre los puntos 4 y 5 correspondientes al cuarto y quinto muestreo, y las variables, hembra-atrayente.

Figura 11. Correspondencias según el grado de interacción entre las variables sexo y atrayente.



Fuente: Elaboración propia.

Según el análisis respectivo la reunión o cercanía de los puntos expuestos demostraron una afinidad por parte de las hembras hacia la atracción del atrayente olfativo dispuesto en el campo de apilado, siendo el muestreo número 4 y 5 los de mayor captura durante el proceso de evaluación demostrando que los muestreos señalados fueron puntos críticos de captura coincidiendo con condiciones climáticas de transición de época de verano a invierno.

VI DISCUSION.

6.1 Efectividad de captura de trampas vavoua según la variable distancia.

Durante las siete semanas de muestreo, de manera descriptiva el mayor desempeño en la capacidad de atracción se dio a los 15 metros con respecto al montículo de broza con o sin atrayente, en dicho caso entre más cercana fue la colocación de la trampa mayor fue el número de moscas atrapadas en el sitio de apilado. Lo anterior se refleja en el análisis

inferencial para la variable distancia donde se evidencio una diferencia significativa siendo la distancia de 15 metros la que más capturas obtuvo.

A partir de lo observado a nivel de campo se establece que la reacción de estímulos de carácter visual ofrecida por la trampa vavoua no se ve alterada siempre y cuando estas sean colocadas a distancias cortas con respecto al sitio de emergencia o de reproducción. Minok, Carlson, Krafur y Foil, (2006) en su investigación observaron que las trampas vavoua dispuestas cerca de los sitios de ovoposición y alimentación y a su vez colocadas en sitios con alta incidencia de mosca del establo presentaron mejores índices de captura, más aún cuando estas se dispusieron en sitios despejados y sin obstáculos.

Lo descrito anteriormente fue replica de lo observado durante el proceso de evaluación en lo que concierne estrictamente a la disposición del distanciamiento evaluado donde los 15 metros en cada una de las fincas o campos de apilado evaluados presentaron el mismo comportamiento.

Dado que la capacidad de captura de las trampas vavoua se basan en un efecto visual, es importante tomar en cuenta que la garantía de la captura va en función de la presencia o ausencia de obstáculos que no alteren la efectividad de la trampa hablese de crecimiento foliar de pastos rastreros o follaje, sombras por arbustos entre otros, una reacción de atracción positiva es una trampa colocada en un sitio despejado por la siguiente razón.

La atracción visual de *S calcitrans* se basa en los colores azules y negros presentes en la tela de polietileno de la trampa vavoua los cuales reflejan longitudes de onda específicas que simulan los bordes del bosque natural. Estas áreas se relacionan con los sitios de descanso de la mosca del establo una vez que se han alimentado y por lo tanto son los espacios ideales para la digestión de la harina de sangre consumida (Murchie, Hall, Gordon y Clawson, 2018).

Es por ello que la influencia de factores ambientales tales como disponibilidad de luz solar, sombras y obstáculos alteran el estímulo y efectividad de la trampa en lo que respecta el efecto de reflejo de la tela de polietileno (Sevidzem *et all.*, 2019), siendo estos elementos posibles factores que influenciaron el número de capturas a las distancias más lejanas del montículo de broza.

Según lo mencionado anteriormente durante el proceso de muestreo se evidenciaron una serie de aspectos negativos que limitaron la efectividad del proceso de atracción visual, como por ejemplo el crecimiento frecuente de especies arbóreas y pastos como *Cynodon nlemfuencis*, cuyo desarrollo foliar se dio dentro del campo de apilado. Así mismo como parte del diseño experimental establecido, aquellas trampas que se instalaron a mayor distancia en su mayoría se dispusieron en parte de la periferia o límite del campo de apilado los cuales colindan con otras fincas o terrenos dedicados a otras actividades, el manejo de los factores adversos en aquellas trampas colocadas a 30 metros se vio limitada durante el muestreo a razón de la generación de sombras, distorsiones visuales y confusiones con el entorno.

Caso contrario sucedió para las trampas ubicadas a 15 metros de distancia con respecto al montículo de broza. Estas encontraron condiciones más favorables debido a que generalmente estos son espacios comunes para el paso de los colaboradores de la finca y beneficio en las labores de mantenimiento de los campos de apilado, siendo así que para dichas áreas la presencia de obstáculos o crecimiento de plantas, árboles o pastos fue totalmente nula ofreciendo mejores condiciones que resultaron en una mayor efectividad de captura de las trampas *vavoua* en el ensayo establecido.

A partir de la influencia de factores ambientales presentes durante el ensayo se determinó que las trampas colocadas en sitios alejados del medio de reproducción tiendan a confundirse con las tonalidades del medio y reflejo de la luz natural incitando a la confusión en la atracción de la mosca. Tal comportamiento fue comprobado por Taylor, Harrison y Jumwei (2020), donde efectos de atracción adversos se ven potenciados en distancias amplias y viceversa.

En el 2008, Beresford y Sutcliffe determinaron que la colocación de trampas pegajosas como estrategia de manejo y atracción visual deben disponerse al menos 20 cm por encima del crecimiento de la hierba presente en el sitio. Dicho comportamiento observado se basa en la influencia de rayos gama y beta por efecto del reflejo de la luz ante los materiales utilizados como atrayentes visuales, por lo tanto independientemente del tipo de trampa utilizada si esta es de carácter visual siempre van a depender de condiciones

específicas para poder desarrollar la captura como tal por lo que lo observado en la investigación cumple con lo descrito anteriormente.

Tomando en cuenta la influencia y efectividad de las capturas de las trampas dispuestas en sitios cercanos al montículo de broza, se relacionó también el comportamiento de vuelo de *S. calcitrans* en el surgimiento de nuevas generaciones a partir del sustrato orgánico. Los individuos recién emergidos instintivamente buscan sitios de alimentación y apareamiento relacionados con áreas alejadas del contenido orgánico o bordes del bosque y vegetación natural Taylor, Harrison y Jumwei (2020).

Por lo tanto la disposición de trampas cercanas al sitio de emergencia permitió la captura de individuos jóvenes siendo una variable importante a tomar en cuenta en la estrategia de trampeo ya que simulaban las condiciones que instintivamente buscan cuando estas están recién emergidas.

6.2 Efectividad de captura de trampas vavoua combinadas con atrayentes olfativos.

En lo que respecta a cada uno de los análisis establecidos en la comparación de las variables distancia de colocación y trampas vavoua combinadas con los atrayentes olfativos, se determinó que la estrategia de combinación es una de las mejores prácticas de manejo para la mosca del establo.

La variable atrayente olfativo evaluada de forma individual evidencio diferencias significativas durante todo el muestreo, esto sugiere que las capturas durante el proceso de evaluación para aquellas trampas que fueron combinadas con atrayente olfativo fueron muy diferentes entre sí demostrando que el atrayente por sí solo presenta una alta efectividad de captura gracias a la reacción olfativa de la mosca del establo.

Dicha efectividad se pudo demostrar también al momento de realizar las comparaciones entre variables combinadas (distancia – sexo - atrayente). En dicho caso al realizar el análisis de varianza para la relación distancia atrayente no se logró demostrar diferencias significativas entre las distancias de colocación de trampas vavoua en conjunto con atrayentes olfativos, de modo que dicho resultado demuestra que independientemente de la distancia de colocación de la trampa vavoua cuando esta es combinada con un atrayente

olfativo la capacidad de captura aumenta lo cual es un punto importante en la estrategia de trampeo.

Por otro lado en el análisis se logró determinar una relación entre las comparaciones dadas donde conforme aumentaron los números de muestreos lo hicieron también el número de hembras capturadas.

Dicho comportamiento se presentó también en los machos sin embargo la proporción fue mucho menor, esto mostró una afinidad por parte de las hembras en lo que respecta a la reacción del estímulo olfativo y a la presencia en sitios de degradación de materia orgánica y fuentes alimenticias.

Tomando en cuenta cada una de las variables evaluadas y mencionadas anteriormente se determina entonces que la reacción de estímulos olfativos es un elemento determinante para una buena estrategia de trampeo. Cada estímulo va relacionado a un comportamiento en específico como por ejemplo la alimentación que tiene que ver con el desarrollo fisiológico y reproductivo, así como un comportamiento de ovoposición que instintivamente la mosca del establo busca áreas con condiciones específicas de residuos en fermentación para brindar a la próxima generación las condiciones idóneas de desarrollo larval , Baleva, Torto, Masiga, Getahun y Weldon (2020).

Por otro lado, Brady, Charlwood y Sanna (1996), mencionan que el consumo de sangre y sustancias energéticas presentes a nivel ambiental son necesarias para un óptimo desarrollo ovárico de la mosca del establo, de modo que la actividad diurna por parte de las hembras a nivel general tiende a ser más significativa y constante por efecto en la búsqueda de condiciones ideales ya que estas llevan el peso del proceso reproductivo.

Taylor y Berkebile 2006, sugieren que el comportamiento alimenticio de las hembras de mosca del establo se desarrolla mediante una modalidad bimodal debido a la gran necesidad de fuentes energéticas para el desarrollo de la etapa reproductiva y madurez sexual.

Siendo así el comportamiento observado durante la investigación, se logra determinar que la proporción de hembras capturadas se da por razón de una mayor asimilación de los estímulos olfativos así como una mayor permanencia en los campos de aplicado lo cual es sugerido también por Sevidsen, Koumba, Zinga, Mintsy y Mavoungou (2021) los cuales

lograron demostrar que el comportamiento alimenticio realizado por las hembras les genera una alta actividad diurna que se extiende hasta por ocho horas diarias.

A partir de lo anterior las moscas hembra al estar sometidas a un estímulo constante según lo observado dejan de lado la proporción de broza de café presente en el campo de apilado y se dirigen directamente a la trampa donde finalmente estas son capturadas gracias a la emisión de las sustancias específicas emanadas por el atrayente olfativo.

Tunnakundacha, Desquesnes y Masmethathip (2017) lograron determinar valores de hasta 3.6 veces más capacidad de captura cuando las trampas vacuadas fueron combinadas con atrayentes olfativos ya que permitieron establecer una relación con las fuentes de sangre como elemento importante en el desarrollo de la mosca, por lo que el comportamiento observado en la investigación cumplió totalmente con el objetivo en respuesta a la simulación de estímulos fisiológicos, instintivos y de sobrevivencia.

Teniendo por entendido que la respuesta a estímulos olfativos por parte de la mosca del establo es bastante considerable, se debe comprender entonces el efecto de la reacción específica de la mosca del establo como un díptero de carácter hematófago.

Las áreas específicas como fuentes de ovoposición y alimentación escogidas por *S. calcitrans* poseen la capacidad de emisión de compuestos semioquímicos o secreción de sustancias orgánicas en descomposición (Tangtrakulwanich, Chen, Baxendale, Brewer y Zhu, 2011).

En la evaluación realizada se observó que en los campos de apilado se obtuvieron rangos de almacenamiento de broza desde los 50 hasta 800 metros cúbicos los cuales dadas las condiciones ambientales que imperaron durante el proceso de investigación dicho proceso de descomposición fue potenciado. Esto sugiere una respuesta conductual positiva de *S. calcitrans* hacia dicho contenido de descomposición.

Taylor, Harrison y Jumwei (2020) así como Mulrennan (1999) determinaron un aumento en la actividad de mosca del establo cuando estas fueron sometidas a contenidos de CO₂ a nivel ambiental siendo siempre una mayor proporción de hembras con cambios conductuales.

Durante el proceso de evaluación y según lo observado a nivel de literatura fue posible establecer una relación directa con el número de capturas obtenidas en la liberación de CO₂ en los sitios de evaluación, de modo que la secreción de sustancias semioquímicas generan una alta respuesta en la selección de sitios de ovoposición por parte de las hembras gravidez (Tangtrakulwanich, Chen, Baxendale, Brewer y Zhu, 2011).

Dado el comportamiento observado anteriormente es importante considerar que la alta selectividad por parte de *S. calcitrans* ante las trampas combinadas con atrayentes olfativos es por efecto de sustancias específicas presentes en los atrayentes.

Los atrayentes derivados de ácidos grasos, aminoácidos e isoprenoides (componentes orgánicos) han sido identificados como los de mayor capacidad de atracción y respuesta en ambos sexos gracias a la similitud de reacción en comparación con las condiciones de campo (López y pereda 2003).

El producto comercializado según CHEM TICA INTERNACIONAL esta formulado a partir de sustancias que simulan procesos de fermentación y liberación de CO₂, así como una liberación constante de 1-octen-3-ol (octenol) la cual es una sustancia con gran capacidad de atracción de insectos hematófagos formado a partir de la descomposición del ácido linoleico (Tangtrakulwanich, Brewer, Baxendale y Zurek 2015).

Dado el comportamiento observado ante el contenido de broza donde la simple presencia de dicho rastrojo permite la llegada de la mosca del establo al sitio de apilado, la incorporación de sustancias específicas es un elemento que potencia la capacidad de captura de los atrayentes dispuestos durante el periodo de evaluación.

Laporta y Sallum (2011) determinaron un efecto sinérgico entre el contenido de octenol y CO₂ lo que permitió una mayor excitación neural por parte del insecto y por ende una mayor respuesta al atrayente olfativo que contiene dichas sustancias químicas.

Por su parte Mulrennan (1999) aparte de lograr evaluar el efecto del CO₂ en el comportamiento de la mosca del establo, logro determinar también un efecto positivo en las capturas de *S. calcitrans* obteniendo aumentos significativos en el número de moscas atrapadas cuando se dio una liberación 62.0 mg por hora de octenol en los sitios de evaluación.

De modo que el efecto obtenido de hasta 25 veces mayor capacidad de captura en aquellos sitios donde se colocaron trampas vavoua combinadas con atrayentes olfativos es meramente un efecto sinérgico de sustancias específicas que le permiten a la mosca del establo reaccionar de forma directa a los puntos de colocación de dichas medidas de contingencia.

El resultado de atracción y selectividad encontrado en los campos de apilado comprobó la efectividad de los productos utilizados en los atrayentes olfativos de Chem Tica Internacional, funcionando como parte fundamental en la estrategia de trampeo analizado.

La gran afinidad de reacción ante estímulos olfativos observados por la mosca del establo se da por razones físicas producto del proceso de adaptabilidad y evolución a través del tiempo. Es por ello que Jeanbourquin y Guerin (2007) evaluaron la presencia de estructuras químio receptoras altamente desarrolladas en las antenas de la mosca conocidas como sensilias.

A su vez Tangtrakulwanich, Chen, Baxendale, Brewer y Zhu (2011) encontraron un total de cuatro tipos de sensilias presentes en la morfología de *S. calcitrans* de las cuales tres de ellas poseen un alto potencial quimiorreceptor por lo que no es casualidad la alta efectividad de reacción olfativa para dicho insecto en específico.

Teniendo en cuenta lo mencionado anteriormente y dado el comportamiento de la mosca del establo, la estrategia de trampeo debe basarse en el desarrollo de estímulos olfativos que aprovechen ese carácter evolutivo y desarrollo de estructuras olfativas.

Por su parte el estímulo visual debe manejarse de forma más específica eliminando factores negativos que impidan el óptimo desarrollo de la trampa. La colocación en sitios despejados y con buena luminosidad es necesaria para la generación del efecto de refracción de luz emitida por la tela azul y negra de polietileno, donde dichas longitudes de onda simulan también áreas relacionadas con efectos en el comportamiento de la mosca del establo.

En lo que respecta el uso de trampas blancas dentro del proceso de trampeo y monitoreo para la captura de la mosca del establo no se recomienda según lo observado en el campo de apilado por varias razones.

Inicialmente se establece un efecto mecánico negativo relacionado con efectos de suciedad o alteraciones por escombros que se acumulan en la superficie de la trampa pegajosa lo que conlleva a una disminución paulatina de la capacidad de captura.

Los cambios de las trampas por la razón descrita anteriormente se requieren realizar de forma constante generando un mayor uso de plásticos y pegamento a través del tiempo, que se traduce en una mayor contaminación ambiental.

VII CONCLUSIONES

-La distancia mínima de colocación de trampas vavoua combinadas o sin combinar con los atrayentes olfativos según los resultados obtenidos debe ser como mínimo 15 metros con respecto al montículo de broza o áreas de disposición de materia orgánica en descomposición.

-Para las evaluaciones realizadas a nivel de campo a partir de los 30 días de colocación las capturas presentaron variabilidad, cumpliendo con el tiempo de efectividad estipulado por la ficha técnica de los atrayentes utilizados.

-El efecto de atracción visual juega un papel importante durante el monitoreo y atracción por lo que la colocación de las trampas vavoua a 15 metros desde el inicio de la fase de captura y monitoreo es parte de las estrategias a tomar en cuenta.

-La colocación de las trampas vavoua combinadas con atrayentes olfativos deben realizarse desde el inicio del proceso de apilado de la broza procurando evitar la llegada de hembras atraídas por el proceso de descomposición del material orgánico ya que desde el momento en que se dispone del material a nivel de campo, la liberación de sustancias semioquímicas aumenta siendo el ambiente ideal para la llegada de la mosca del establo.

-Las trampas vavoua combinadas con atrayentes olfativos poseen una alta capacidad de atracción de generaciones emergentes debido a la simulación de ambientes idóneos de alimentación y ovoposición. La respuesta instintiva de *S. calcitrans* hace que dichos factores de atracción posean gran efectividad traduciéndose en una alta capacidad de captura y por ende mayor efectividad de control y monitoreo.

- Como estrategia de manejo integrado es necesario evaluar la efectividad de captura de las trampas pegajosas con respecto a la influencia de captura de las trampas vavoua, con el fin de establecer el criterio necesario para seleccionar cual estrategia presenta mejor adaptación en el control y captura.

VIII RECOMENDACIONES.

1. Durante la evaluación se observó que varios de los recipientes donde se disponen los atrayentes solubles se llenaron de agua debido a las precipitaciones, dadas durante el tiempo de evaluación, es importante mantener un monitoreo de los recipientes y realizar remplazos si es necesario.
2. Se debe mantener un manejo del tiempo de colocación de los atrayentes olfativos con el fin de evitar alteraciones en las capturas de mosca del establo.
3. Las trampas vavoua se deben disponerse en un sitio despejado y sin sombra con el fin de potenciar el efecto de atracción visual.
4. Es importante dar mantenimiento al sitio donde cada una de las trampas se colocan con el fin de evitar el crecimiento de material vegetal que puedan interferir con el efecto de atracción visual de las trampas vavoua.
5. Durante el muestreo la mayoría de montículos de broza se encontraron tapados con plásticos o sarán, sin embargo parte de las orillas del montículo no se encontraban dispuestos de esta forma siendo estas áreas sitios de ovoposición de modo que dentro de la estrategia de manejo y prevención de la mosca del establo en los campos de broza no solo se deben tomar en cuenta la efectividad de las trampas y atrayentes colocados sino que también parte de la prevención de la plaga se basa en prácticas de manejo del campo de apilado limitando también áreas de ovoposición.
6. Es importante realizar la evaluación del número mínimo de trampas vavoua que se deben colocar en los campos broza ya sea a partir del número de metros cuadrados dispuestos en el terreno de apilado o bien a través de la cantidad de metros cúbicos de broza almacenada en el sitio, para ello es importante tomar en

cuenta los aspectos de distanciamiento y colocación de atrayentes olfativos evaluados en dicha investigación.

7. Es necesario evaluar otros distanciamientos con el fin de determinar que efecto trae el cambio de esta variable.
8. Es de suma importancia realizar la comparación entre trampas blancas pegajosas y trampas vavoua combinadas con atrayentes olfativos, con el fin de determinar a cuantas trampas blancas corresponde una trampa vavoua combinada con atrayente olfativo en términos del número de capturas dentro de los campos de apilado de broza.

IX. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Atias, A. y Neghme, A. (1984). *Parasitología clínica*. (2da Ed.). Santiago, CL.: Publicaciones Técnicas Mediterráneo.
- Baleba, S. Torto, B. Masiga, D. Getahun, M. Weldon, C. (2020). Stable flies *Stomoxys calcitrans* (Diptera: Muscidae), improve offsprings fitness by avoiding ovoposition substrate whit competitors or parasities. *Frontiers in Ecology* 8:5
- Beresford, D. y Sutcliffe, J. (2017). Stable fly (*Stomoxys calcitrans*: Diptera, Muscidae) trap response to changes in effective trap height caused by growing vegetation. *Journal of vector ecology*, (33), 40-45.
- Bernal, E. Arcilia, V. y Serrano, C. (2005). Control biológico de las larvas de mosca del establo. *Revista Veterinaria*, 1 (1), 1-11. Recuperado de <http://www.revistas.ucc.edu.co>.
- Blanco, H. y Arguedas, A. (2015). Efecto del color de trampa y tipo de adherente en la captura de *Stomoxys calcitrans* (L.) (Diptera: Muscidae) en el cultivo de piña (*Ananas comosus*) (L.). *Entomología Mexicana*, 2, 319-324.
- Blanco, M., Haggar, J., Moraga, P., Madriz, J. y Pavón, G. (2003). Morfología del café (*Coffea arabica* L.), en lotes comerciales en Nicaragua. *Agronomía Mesoamericana*, 14(1), 97-103.

- Borchert, A. (1981). *Parasitología veterinaria*. Zaragoza, Esp.: Editorial Acribia.
- Brady, J. Charlwood, J. Sanna, S. (1996). The age structure, biting cycle and dispersal of *Stomoxys niger* (Diptera: Muscidae), from Ifkara, Tanzania. *Afr. Entomol*, (4), 274-277.
- Calabuig, L. (1988). *Métodos cuantitativos en estudios entomológicos*. León, Esp.
- Camayo, V. y Arcila, P. (1996). Estudio anatómico y morfológico de la diferenciación y desarrollo de las flores del cafeto (*Coffea arabica* L.), variedad Colombia. *CENICAFE*, 47 (3), 121-139.
- Canet, G., Soto, C., Ocampo P., Rivera J., Navarro A., Guadalupe, M., Morales, G., y Villanueva., S. (2016). *Situación y tendencias de la producción de café en América Latina y el Caribe*. IICA-CIATEJ. San José, CR.
- Chávez, C., y Esquivel, P. (2019). Ácidos clorogénicos presentes en el café: capacidad antimicrobiana y antioxidante. *Agronomía Mesoamericana*, 30 (01), 299-311.
- Cruz, C., Martínez, S., Vitela, I., Ramos, M., Quintero, M.T., y García, Z. (2000). Variación anual de la infestación por *Stomoxys calcitrans* (L.) (Diptera: Muscidae) en tres establos lecheros de Aguascalientes, México. *Técnica Pecuaria en México*, 38, 135-142.
- Cuartas, F. (2013). *Prefactibilidad técnica y financiera de un micro beneficio de café*. (Tesis de Licenciatura). Facultad de Ingeniería. Universidad de Costa Rica.
- Da Matta, F. y Rodríguez, N. (2007). Producción sostenible de cafetales en sistemas agroforestales del Neotrópico: una visión agronómica y ecofisiológica. *Agronomía Colombiana*, 25(1), 113-123.
- Díaz, G., Luque, Z., Calvache, G., y Hernández, M. (1997). Estudios básicos para un manejo integrado de la mosca de los establos, *Stomoxys calcitrans* (L.) (Díptera: Muscidae). *Revista Palmas*, 18 (3), 19-29. Recuperado de <https://publicaciones.fedepalma.org/index.php/palmas/article/view/590>

- Ferreira, T., Thadeu, A., Oliveira, C. y Duarte, C. (2015). *Stomoxys calcitrans* (Diptera: Muscidae) outbreaks: current situation and future outlook with emphasis on Brazil. *Revista Brasileira de Parasitología Veterinaria*, 24 (4), 387-395. Recuperado de https://www.researchgate.net/publication/289539634_Stomoxys_calcitrans_Diptera_Muscidae_outbreaks_Current_situation_and_future_outlook_with_emphasis_on_Brazil
- Flores, J., Aguirre, S. y Taylor, D. (2018). Evaluación de trampas con atrayentes para la captura de dípteros. *Revista Científica de FAREM-Estelí*, (27), 38-51. Recuperado de <https://doi.org/10.5377/farem.v0i27.7057>
- Georgí, R. (1985). *Parasitología para veterinarios*. (4ta Ed.). New York, USA: W.B. Saunders.
- Garry, A. C., Peterson, N.G. y Mullens, B.A. (2007). Predicting and controlling stable flies. *California Dairies*. Universidad de California. (8258), 1-11.
- Giraldo, C., Reyes, L., y Molina, J.J. (2011). *Manejo integrado de artrópodos y parásitos en sistemas silvopastoriles intensivos*. Proyecto Ganadería Colombiana Sostenible. GEF, BANCO MUNDIAL, FEDEGAN, CIPAV, FONDO ACCION, TNC. Bogotá, CO.
- González, F., Vargas, E. (s.f.). Validación técnica de un atrayente para el control de la mosca del establo *Stomoxys calcitrans*. INTA y Chemtica. San José, CR.
- Hidalgo, E. (2013). Efecto del color de trampa sobre la captura de adultos de *Stomoxys calcitrans*. In Solórzano et al. Manual de recomendaciones para el manejo de la mosca del establo *Stomoxys calcitrans* en el cultivo de la piña. Memorias Taller Manejo de rastrojos del cultivo de piña y plagas que afectan la competitividad 30, 31 octubre y 01 noviembre 2012. Hotel Tilajari, Muelle de San Carlos, Costa Rica. PITTA Piña. p. 15
- ICAFFE (Instituto del Café de Costa Rica). (2019). *Informe sobre la actividad cafetalera de Costa Rica 2019*. Heredia, CR.

- INDER (Instituto de Desarrollo Rural de Costa Rica). (2016). *Plan de desarrollo territorial de Los Santos 2016-2021*. San José, CR.: Imprenta Nacional.
- Instituto Nacional Tecnológico de Nicaragua. (2016). *Manual del protagonista: Manejo Integrado de Plagas*. Managua, NI.
- Läderach, P., Hagggar, J., Lau, C., Eitzinger, A., Ovalle, O., Baca, M., Jarvis, A. y Lundy, M. (2011). Café Mesoamericano: Desarrollo de una estrategia de adaptación al cambio climático. *CIAT políticas en síntesis*, 1, 1-4.
- Laporta, G. Sallum, M. (2011). Effect of CO₂ and 1-octen-3-ol attractants for estimating species richness and the abundance of diurnal mosquitoes in the southeastern Atlantic Forest, Brazil. *Memórias do Instituto Oswaldo Cruz* (106). Recuperado de <https://www.scielo.br/j/mioc/a/zPjTfFRhzkJbhxSg9BJ8Nrr/?lang=en>
- López, L. y Pereda, L. (2003). La selectividad de las trampas “olipe” (Atrayente: cebos alimenticios) en la captura de la mosca del olivo. *Revista TollNegre*, 24 (33), 1-10. Recuperado de http://www.internatura.org/grupos/apnal/toll_negre2.pdf.
- Madrigal, A. (1992). Manejo integrado de la mosca doméstica. *Carta Ganadera*, 19(11), 23–31.
- Méndez, F. (2009). Evaluación preliminar de atrayentes específicos de la broca del fruto del cafeto *Hypothenemus hampei Ferrari*, mediante pruebas olfatómicas (Tesis de Licenciatura). Escuela de Biología, Universidad de El Salvador, San Salvador.
- Mikery, O. (2014). Búsqueda de atrayentes para *Lutzomyia cruciata* (Díptera: Psychodidae) (Tesis de Maestría). Ciencias en Recursos Naturales y Desarrollo Rural, Colegio de la Frontera Sur, Chiapas, M.X.
- Minok, S. Carlson, D. Krafur, E y Foil, L. (2006). Performance of the Nzi and other traps for biting flies in North America. *Bulletin of Entomological Research*, (96), 387-397.
- Morales, D. (2019). *Evaluación del efecto repelente de dos concentraciones del extracto de neem (Azadirachta indica) en moscas hematófagas de bovinos, administrado por vía tópica*. (Tesis de Licenciatura). Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad de San Carlos de Guatemala.

- Mulrennan, J. (1999). Evaluation of various substances to increase adult *Stomoxys calcitrans* (Diptera: Muscidae) collections on alsynite cylinder traps in North Florida. *Journal of Medical Entomology*, (36), 605-609.
- Murchie, A. Hall, C. Gordon, A y Clawson, S. (2018). Black border increases *Stomoxys calcitrans* catch on white sticky traps. *Journal insects*, (9), 2-7.
- Navarro, G. (2016). *Mortalidad de larvas de Stomoxys calcitrans (Diptera: Muscidae) a cuatro insecticidas aplicados a la dieta de pinzote de banano* (Tesis de Licenciatura). Facultad de Ciencias Alimentarias, Universidad de Costa Rica, San José, CR.
- Pérez, F. Figueroa, E. Godínez, L. y Hernández, E. (2015). *La producción y el consumo del café*. Esp.: ECORFAN
- Pitzer, J.B., Kaufman, P.E., y Tenbroeck, S.H. (2010). Assessing permethrin resistance in the stable fly (Diptera: Muscidae) in Florida by using laboratory selections and field evaluations. *Journal of Economic Entomology*, 103 (6): 2258-2263.
- PROCOMER (Promotora de Comercio Exterior de Costa Rica). (2019). *Exportaciones de bienes y servicios 2018 - I trimestre 2019*. San José, CR
- Rodríguez, F. (1991). Control de moscas y otros ectoparásitos. *Carta Ganadera*, 28(11), 52 – 54.
- Romero, A. Arzuffi, R. y Morón, A. (2005). Feromonas y atrayentes sexuales de coleópteros *Melolonthidae* de importancia agrícola. *Folia Entomológica*, 44 (2), 223-245. Recuperado de <https://www.researchgate.net/publication/26419941>.
- Salem, A., Bouhsira, E., Liénard, E., Melou, A.B., Jacquiet P., y Franc, M. (2012). Susceptibility of two European strains of *Stomoxys calcitrans* (L.) to cypermethrin, deltamethrin, fenvalerate, -cyhalothrin, permethrin and phoxim. *Res Vet Med*, 10 (3): 249-257.
- Sevidzem, L. Zinga, K. Rolan, C. Mamoudou, A. Koumba, A y Mintsá, R. (2019). Comparative efficacy of modified vavoua and nzi traps in the Capture of *Stomoxys spp.* in Ngaoundere-Cameroon. *Journées Scientifiques du CAMES*, (40), 2-5.

- Sevidzem, L. Koumba, A. Zinga, C. Mintsá, R y Mavoungou, J. (2021). Apparent densities of *Stomoxys* species (Diptera, Muscidae) of different physiological ages caught with vavoua trap differ with landscape and trapping period. *Journal of Zoological Research*, (3), 9-14.
- SFE (Servicio Fitosanitario del Estado Costa Rica). (2011). Informe, evaluación del sistema de control interno SFE, en lo relativo al cultivo de piña y sus efectos fitosanitarios, de salud y ambientes. San Jose, CR.: SFE.
- Solórzano, J., Morales, J., Apuy, M., Gómez, Y., Vargas, C., Rodríguez, L., y Alpízar, D. (2011). *Guía práctica de diagnóstico de la mosca del establo Stomoxys calcitrans y otros dípteros asociados al rastrojo de piña*. INTA y Del Monte. San José, CR.
- Solórzano, J., Treviño, J., Hidalgo, E., Gómez, Y., Blanco, H., Apuy, M., González, L., y Memeces, D. (2013). *Recomendaciones para el manejo de mosca del establo Stomoxys calcitrans en el cultivo de piña*. INTA, UCR, MAG y Del Monte. San Jose, CR.
- Solórzano, J. Gilles, J. Bravo, O. Vargas, C. Gómez, Y. Bingham, G. y Taylor, D. (2015). Biology and Trapping of Stable Flies (Diptera: Muscidae) Developing in Pineapple Residues (*Ananas comosus*) in Costa Rica. *Journal of Insect Science*, 15 (1), 1-5.
- Solórzano, J., Gómez, Y. y Bravo, O. (2018). Captura y recaptura de la mosca del establo en ganado y rastrojos de piña. Alcances Tecnológicos. *Instituto Nacional de Innovación y Transferencia en Tecnología Agropecuaria*, 12 (1), 37 – 47.
- Soto, C. (2010). *Guía técnica para el beneficiado del café protegido bajo una indicación geográfica o denominación de origen*. GT.: IICA.
- Souza, C. Oliveira, C. Mendonça, E. Pinheiro, R., y Bittencour, A. Potential of entomopathogenic nematodes of the genus *Heterorhabditis* for the control of *Stomoxys calcitrans* (Diptera: Muscidae), *Brazilian Journal of Veterinary Parasitology*, 26 (4).

- Tangtrakulwanich, K. Chen, H. Baxendale, F. Brewer, G y Zhu, J. (2011). Characterization of olfactory sensilla of *Stomoxys calcitrans* and electrophysiological responses to odorant compounds associated with hosts and oviposition media. *Medical and Veterinary Entomology*, (25), 327-336.
- Tangtrakulwanich, K. Brewer, G. Baxendale, F. Zurek, L. (2015). Behavioral responses of stable flies to cattle manure slurry associated odorants. *Journal of Biology and Life Science* (11). Recuperado de <https://doi.org/10.1111/mve.12103>
- Taylor, D. Berkebile, D. (2006) Comparative efficiency of six stable fly (Diptera Musidae) traps. *Ecom Entomology*, (90), 1414-1419.
- Taylor, D. Harrison, K y Jumwei, J. (2020). Methods for surveying stable fly populations. *Journal of Insect Science*, (17), 1-8.
- Tunnakundacha, S. Desquesnes, M., y Masmethathip, R. (2017). *Comparison of Vavoua Malaise and Nzi traps with and without attractants for trapping of Stomoxys spp. (Diptera: Muscidae) and tabanids (Diptera: Tabanidae) on cattle farms* Agriculture and Natural Resources, 5, 319-323.
- Vadua, G. (2020). Behavioral responses of tabanidae and *Stomoxys calcitrans* to unbaited and baited nzi and horse pal traps in Southern Sweden. *Journal of Biology and Life Science*, (11), 203-219
- Vargas, E. González, F. (s.f.). *Validación técnica de un atrayente para el control de la mosca del establo (Stomoxys calcitrans)*. Instituto Nacional de innovación y Transferencia en Tecnología Agropecuaria y Química Internacional S.A
- Velazco, I. Cruz, C. Sahagún, C. Medina, L., y Ramos, M. (2018). Control de *Haematobia irritans* y *Stomoxys calcitrans* con *Metarhizium anisopliae* en ganado naturalmente infestado *Revista MZV Córdoba*, 24 (1), 7091-7096
- Witty, C. Brady, J. (2008). Effects of carbon dioxide, acetone and 1-octen-3-ol on the activity of the stable fly, *Stomoxys calcitrans*. *Physiological Entomology*, (22), 256-260.
- Zumbado, M. (2006). *Dípteros de Costa Rica y la América Tropical = Diptera of Costa Rica and the new world topics*. Heredia, C.R.: Instituto Nacional de Biodiversidad.

X ANEXOS.

1- Proceso de colocación de las trampas vavoua y atrayentes olfativos.

- La trampa vavoua se colocará sobre dos postes introducidos a nivel de suelo, seguidamente se utilizarán “piolas” o mecates para dar tensión a la trampa amarrando los cuatro extremos (dos superiores y dos inferiores) evitando que la tela quede a nivel de suelo (Figura 2).
- Se retirará la tapa del recipiente que contiene el atrayente soluble presente en el componente (a) (Figura 3), y se agregará agua hasta la marca water level (WL), se agitará suavemente para diluir el atrayente.
- Se tomará el atrayente sólido o componente (b) (Figura 4), (Figura 5) y se colgará dentro de la trampa vavoua, esta se rotulará para mantener el control con respecto al tiempo y durabilidad.

El proceso de colocación de los atrayentes dentro de las trampas vavoua se repetirán según los cambios requeridos una vez cumplido el periodo de caducidad de los atrayentes. Cada atrayente posee una durabilidad de 4 semanas aproximadamente.

2- Costo de la trampa vavoua combinada con atrayentes olfativos.

Costo Trampa vavoua	Costo Atrayentes olfativos
9000 colones	4022 colones
Costo total trampa vavoua combinada: 13,022 colones.	

Cabe mencionar que la trampa vavoua posee una vida útil de hasta 2 años.

