

**CARACTERIZACIÓN DE ENEMIGOS NATURALES ATRAÍDOS POR
VOLÁTILES SINTÉTICOS INDUCIDOS POR LA HERBOVORIA EN CULTIVOS
DE CAFÉ EN LA PROVINCIA DEL SUMAPAZ**

HEIDY VANESSA GARZÓN TOVAR

Trabajo de grado presentado como requisito parcial para optar el título de Agrónomo

**UNIVERSIDAD NACIONAL ABIERTA Y A DISTANCIA
ESCUELA DE CIENCIAS AGRICOLAS PECUARIAS Y DEL MEDIO AMBIENTE**

BOGOTÁ, D. C.

2019

**CARACTERIZACIÓN DE ENEMIGOS NATURALES ATRAÍDOS POR
VOLÁTILES SINTÉTICOS INDUCIDOS POR LA HERBOVORIA EN CULTIVOS
DE CAFÉ EN LA PROVINCIA DEL SUMAPAZ**

HEIDY VANESSA GARZÓN TOVAR

ALEXANDER SALAZAR MONTOYA

JURADO

JORDANO SALAMANCA BASTIDAS, PhD. Entomología Agrícola.

DIRECTOR

Universidad Nacional Abierta y a Distancia – UNAD

UNIVERSIDAD NACIONAL ABIERTA Y A DISTANCIA

ESCUELA DE CIENCIAS AGRICOLAS PECUARIAS Y DEL MEDIO AMBIENTE

BOGOTÁ, D. C.

2019

Este trabajo lo dedico:

Al engranaje del universo.

AGRADECIMIENTOS

A los agricultores de la Región del Sumapaz, Don Wilson, el señor Pachon, Don Avilio y Don Pedro, quienes facilitaron las fincas sobre las cuales se hizo el muestreo.

Al grupo de entomología de la UNAD, especialmente a la profesora Cristina Forero, al compañero Waxxman, la compañera y amiga Giovanna Jiménez, que acompañaron gran parte del trabajo en campo.

Al Dr. Cesar Rodríguez-Saona de Rutgers University por su colaboración en el diseño experimental que se implementó en campo, además de su aporte con materiales para el proyecto.

A AgBio Inc. distribuidor de ChemTica International S.A por el apoyo con los volátiles usados en los experimentos del proyecto.

Al director de la tesis el doctor Jordano Salamanca Bastidas, por su conocimiento, apoyo y aportes en el documento, por su colaboración durante todo el proceso.

TABLA DE CONTENIDO

LISTA DE TABLAS	8
RESUMEN	9
ABSTRACT	11
INTRODUCCIÓN	13
MARCO TEORICO	16
1.1 Importancia del cultivo de café y volátiles encontrados en el cultivo del café	16
1.2 Generalidades e importancia HIPV'S	17
1.3 MeSA en plantas, atracción, extracción.	18
1.4 BENZALDEHÍDO	19
1.5 Predadores y parasitoides	20
OBJETIVOS	21
2.1 GENERAL	21
2.2 ESPECIFICOS	21
3 METODOLOGIA	22
3.1 Descripción del área de estudio	22
3.2 Obtención de volátiles	23
3.3 Caracterización e identificación de comunidades de enemigos naturales	23
4 Análisis estadístico	26
5. RESULTADOS	27
5.1 Comunidad de Predadores	27

5.2 Comunidad de Parasitoides	29
6. DISCUSIÓN	32
CONCLUSIONES	37
RECOMENDACIONES	38
Referencias Bibliográficas	39

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Estructura química del Salicilato de Metilo	19
Figura 2. Estructura química del Benzaldehído	20
Figura 3. Esquema de la Provincia del Sumapaz, donde se estableció el montaje del diseño experimental.	22
Figura 4. Esquema del Diseño de Bloques Completamente al Azar usado en campo en cada una de las fincas en la provincia del Sumapaz.	24
Figura 5. Esquema del Montaje de la captura de predadores y parasitoides usado en campo para cada una de las fincas en la provincia del Sumpaz en cultivo de café.	25
Figura 6. Respuesta de la comunidad de predadores frente a los tratamientos utilizados en el experimento (MeSA, BEN, + MeSA + BEN, - MeSA - BEN). Letras diferentes indican que hubo diferencia significativa, Scott-knott ($\alpha = 0,05$).	29
Figura 7. Respuesta de la comunidad de parasitoides frente a los tratamientos utilizados en el experimento (MeSA, BEN, + MeSA + BEN, - MeSA - BEN). Letras diferentes indican que hubo diferencia significativa, Scott-knott ($\alpha = 0,05$).	31

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Caracterización fincas cafeteras de la Provincia del Sumapaz, utilizadas en el diseño experimental.	23
Tabla 2. Comunidad de predadores identificados en el laboratorio Multipropósito José Celestino Mutis – UNAD de la recolección de trampas en campo, mediante estereoscopio.	27
Tabla 3. Influencia de los tratamientos sobre la comunidad de predadores importantes dentro del análisis estadístico y control biológico.	27
Tabla 4. Comunidad de parasitoides identificados en el laboratorio Multipropósito José Celestino Mutis – UNAD de la recolección de trampas en campo, mediante estereoscopio.	29
Tabla 5. Influencia de los tratamientos sobre la comunidad de parasitoides importantes dentro del análisis estadístico y control biológico.	30

RESUMEN

Mediante la revisión de estudios realizados a través del tiempo se ha logrado identificar que compuestos volátiles cumplen una función atrayente a enemigos naturales (predadores y parasitoides) los cuales resultan benéficos para los cultivos, dentro de un gran número de compuestos que resultan atractivos se encuentra el salicilato de metil (MeSA) y el Benzaldehido (BEN). PredaLure es un cebo comercialmente disponible que contiene MeSA o BEN para ejercer dicha atracción. El objetivo de este estudio es caracterizar los enemigos naturales atraídos por MeSA y BEN en cultivos de café en la provincia del Sumapaz. Para dar respuesta se partió de la hipótesis de si al liberar compuestos volátiles resultaba efectiva la atracción de predadores y parasitoides que resultaran ser potenciales para el control biológico de plagas en cultivos de café en la región del Sumapaz. Específicamente identificando los principales predadores y parasitoides atraídos por MeSA, BEN y su combinación. Se estableció un diseño de bloques completamente al azar (DBCA) alrededor de cuatro fincas, con los siguientes tratamientos: (a) MeSA; (b) BEN; (c) MeSA + BEN; y (d) Control (-MeSA -BEN). Para la captura de los enemigos naturales se colocaron trampas pegajosas verdes con el PredaLure según el tratamiento. Las trampas se cambiaron cada quince días y los volátiles cada mes, durante cuatro (4) meses. A partir de la identificación de enemigos naturales se obtuvo 7 familias de enemigos naturales entre predadores (Syrphidae, Anthocoridae, Chrysopidae y Aeolothripidae) y parasitoides (Megaspilidae, Aphelinidae y Mymaridae) útiles en el control biológico de plagas en cultivos agrícolas. El análisis de datos se hizo mediante el programa estadístico R para conocer las diferencias entre los tratamientos. Determinando que los volátiles resultan importantes en la atracción de enemigos naturales, para ser incluidos en programas de control biológico inundativo y conservativo.

Palabras clave: Predadores, parasitoides, Metil de salicilato, Benzaldehído, control biológico, conservación.

ABSTRACT

Through the review of studies carried out over time, it has been possible to identify that volatile compounds fulfill an attractive function to natural enemies (predators and parasitoids) which are beneficial for crops, within a large number of compounds that are attractive are the Methyl salicylate (MeSA) and Benzaldehyde (BEN). PredaLure is a commercially available bait that contains MeSA or BEN to exert such attraction. The objective of this study characterize the natural enemies attracted by MeSA and BEN in coffee crops in the province of Sumapaz. In order to respond, it was based on the hypothesis of the release of volatile compounds was the attraction of predators and parasitoids that were found to be potential for the biological control of pests in coffee crops in the Sumapaz region. Specifically identifying the main predators and parasitoids attracted by MeSA, BEN and their combination. A completely randomized block design (DBCA) was established around four farms, with the following treatments: (a) MeSA; (b) BEN; (c) MeSA + BEN; and (d) Control (-MeSA -BEN). To catch the natural enemies, green sticky traps were placed with the PredaLure according to the treatment. The traps were changed every fifteen days and the volatile every month, for four (4) months. From the identification of natural enemies, 7 families of natural enemies were obtained between predators (Syrphidae, Anthocoridae, Chrysopidae and Aeolothripidae) and parasitoids (Megasphilidae, Aphelinidae and Mymaridae) useful in the biological control of pests in agricultural crops. The data analysis was done using the statistical program R to know the differences between the treatments. Determining that volatiles are important in attracting natural enemies, to be included in programs of flood and conservative biological control.

Keywords: Predators, parasitoids, Salicylate methyl, Benzaldehyde, biological control, conservation.

INTRODUCCIÓN

Como se sabe el café es un cultivo importante dentro de la economía colombiana, siguiendo al petróleo es el producto básico más significativo, el cual representa a más de 500 mil familias según la Federación Nacional de Cafeteros son cultivos que se sitúan en gran parte del país (Pérez, 2013) sin embargo, no está exento de plagas y enfermedades como la conocida broca *Hypothenemus hampei* (Ferrari) afectando desde el año 1988 dañando directamente el fruto, por medio del Centro de Investigación del café (CENICAFE) se introdujeron de África dos parasitoides (Hymenopteros) correspondientes a *Cephalonomia stephanoderis* Betrem (Hymenoptera: Bethyridae) y *Prorops nasuta* Waterston (Hymenoptera: Bethyridae) que actúan como ectoparásitos de los estados inmaduros de la broca y predan en estado adulto a esta plaga, otro parasitoide introducido es *Phymastichus coffea* (Himenóptera: Eulophidae) el cual endoparasita al adulto colocando sus posturas en la broca (Ariztizabal et al, 2004) otra plaga que afecta al cultivo es llamada cochinilla del café (Hemiptera) que causa daño en las raíces mediante el alimento de su savia, asociados a estos se presentan algunos formícidos como *Solenopsis germinata* Fabricius (Hymenoptera: Formicidae), *Pheidole* sp. (Hymenoptera: Formicidae), (predan los estados inmaduros del Hemiptera) y *Crematogaster*, *Monomorium* (Hymenoptera: Formicidae) (Villegas et al., 2009; Vanegas-Rico Et al, 2010), la araña roja genera daño en la venación de las hojas del café succionando el contenido del tejido celular como control natural se encuentran los coccinélidos *Stethorus* sp. (Coleoptera Coccinellidae) y *Scymnus* sp. (Coleoptera Coccinellidae) y de la familia Neuróptera el género de *Chrysoperla* sp. (Giraldo, Galindo & Benavides, 2011).

La Provincia del Sumapaz es importante en la exportación de productos agrícolas, entre ellos el mencionado café. En los mercados internacionales exigen cumplir con Buenas Prácticas Agrícolas (BPA) y certificaciones como Global GAP, Rainforest y 4C. Sin embargo, en la región el control fitosanitario, específicamente de plagas de estos cultivos se ha realizado utilizando productos de síntesis química (Sala *et al.*, 2017). Un cambio importante y un acercamiento a una producción más limpia se da al involucrar el control biológico al manejo tradicional de los cultivos. En áreas conservadas y con baja presión de productos de síntesis química de la misma región es posible encontrar artrópodos (predadores y parasitoides) con este uso potencial. Los habitantes y productores de la región, en su mayoría, desconocen las propiedades y características de estos organismos, lo que no les permite contemplar el uso de un manejo integrado frente a sus cultivos.

El uso intensivo de productos de síntesis química para el manejo fitosanitario en los agroecosistemas, especialmente para el control de insectos plaga, ha generado problemas en el medio ambiente como el deterioro de la fauna, flora y recursos naturales, debido a que solo el 0,1 % del plaguicida aplicado llega a la plaga, quedando el otro porcentaje en el medio ambiente (Carvalho *et al.*, 1998), por lo tanto para contrarrestar estos efectos negativos es necesaria la adopción de modelos de producción más limpios, que lleven a la disminución de las aplicaciones de los productos químicos (Sala *et al.*, 2017).

Un modelo ampliamente estudiado es el control biológico, específicamente con el uso de enemigos naturales (predadores y parasitoides) para el control de plagas. Existen diferentes enemigos naturales con potencial para la regulación de insectos plaga en agroecosistemas, dentro de estos están algunas especies de las familias Syrphidae, Coccinellidae, Anthocoridae y Chrysopidae entre otros (Belliere & Michaud, 2001; Salamanca *et al.*, 2010). A lo largo del tiempo se ha experimentado la manera de incrementar

la eficiencia de los predadores y parasitoides en el manejo de plagas, con el uso de compuestos volátiles orgánicos (Salamanca *et al.*, 2018), los cuales son producidos por diversas especies de plantas después del daño por herbivoría, y utilizados por los enemigos naturales para encontrar sus presas u hospederos (Vet & Dicke, 1992; Dicke & van Loon, 2000). Por lo tanto, las liberaciones de los compuestos volátiles sintéticos como el MeSA, BEN o su combinación, pueden favorecer la abundancia de los enemigos naturales, logrando una reducción en la tasa de crecimiento de algunos insectos-plaga, siendo una estrategia ecológicamente sustentable en el control de plagas en diversos agroecosistemas

1. MARCO TEORICO

1.1 Importancia del cultivo de café y volátiles encontrados en el cultivo del café

El café es un arbusto originario de África, perteneciente a la familia Rubiaceae González *et al* menciona que aunque existe un aproximado de 100 variedades, en México se cultivan comercialmente *Coffea arabica* L. y *Coffea canephora*, en cuanto a Colombia solo se cultivan variedades de café arábigo (Típica, Borbón, Maragogipe, Tabi, Caturra, Variedad Colombia, Castillo y Cenicafe). La región del Sumapaz figura como un territorio importante en cuanto a cultivos agrícolas en el cual se encuentran fincas cafeteras y cafés especializados, dentro de ellos los municipios más representativos corresponden a Arbeláez, Cabrera, Fusagasuga, Nilo, Pandi, Pasca, San Bernardo, Tibacuy, Silvania y Venecia allí 150 personas se integraron a la Asociación de Productores de Cafés Especiales- Asoprocafes- la cual pretende mejorar las técnicas de producción, recolección y beneficio del café, logrando así un valor agregado en el producto (Federación Nacional de Cafeteros, 2015; PNUD, 2015).

Con pruebas se ha determinado que el café contiene un gran número de componentes, entre ellos: diterpenos (cafestol y kahweol), ácidos volátiles (fórmico y acético) y no volátiles (láctico, tartárico, pirúvico, cítrico), compuestos fenólicos (ácido clorogénico), cafeína, sustancias volátiles; donde la cafeína actúa como estimulante del sistema nervioso, mientras que el cafestol y kahweol aumentan los niveles de colesterol (Gotteland & De Pablo, 2007).

En un estudio realizado para extraer los compuestos del café mediante microextracción en fase sólida, se encontraron cerca de 64 componentes de los cuales hacían parte, aldehídos, cetonas, compuestos fenólicos, azufrados, bencénicos, ácidos carboxílicos, terpenos y aminas (Gonzalez,H., Gonzalez, S. & Rosales, 2011), específicamente en granos verdes se encontró que la composición química corresponde a sacarosa, cafeína, lípidos,

proteínas y ácido clorogénico, en cuanto a granos de café tostado los compuestos volátiles corresponden a 1-noneno, 5-metilfulfural, Limoneno, 4-Metiltiazol, Benzoxazol entre otros compuestos (González-Ríos *et al.*, 2018).

1.2 Generalidades e importancia HIPV'S

Los compuestos de defensa en la mayoría de las plantas producen sustancias químicas llamadas productos secundarios haciéndose diferente en cada planta, algunos son característicos de una sola especie mientras que otros lo comparten dentro de la familia, estos productos secundarios no son indispensables en el crecimiento de las plantas sin embargo cumple una función de interacción con los insectos (alimentación, oviposición...) dicha transferencia de información se denomina semioquímico (feromonas, aleloquímicos) donde los aleloquímicos se encuentran: alomonas y kairomonas, estas últimas al emitir la señal el beneficiado es el receptor ya sea en plaga-parasitoide o plaga-planta hospedera (Mareggiani, 2001).

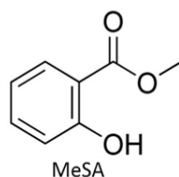
Se ha encontrado en la literatura que los compuestos volátiles de plantas inducidos por herbívoros (HIPVs) transmiten información importante a otros organismos, incluyendo artrópodos carnívoros y herbívoros y a las plantas vecinas; desempeñando un papel importante en la participación de algunas interacciones dentro de comunidades terrestres (Gish *et al.*, 2015). Dichas mezclas están conformadas por terpenos, derivados de ácidos grasos y compuestos aromáticos, sirviendo a las plantas como atrayentes de polinizadores o defensa de insectos repeliendo plagas y hongos fitopatógenos; atrayendo enemigos naturales de herbívoros (Marín & Céspedes, 2007). Determinando que la respuesta volátil inducida puede ser específica, y depende de la especie de herbívoros en las plantas, lo que sucede a nivel local o en forma sistémica (partes aéreas o subterráneas de las plantas). Actualmente el

potencial benéfico de estas interacciones tri-tróficas en las plantas y su aplicación en sistemas agrícolas no es muy conocido (Rodríguez-Saona, 2012), considerándolos como control biológico el cual puede disminuir las posibles plagas en los cultivos. Algunos depredadores potenciales de plagas como Coleoptera, Neuroptera, Hymenoptera, Diptera y Hemiptera devoran todos los estados de la presa (huevo, larva, pupa y adulto). En cuanto a parasitoides utilizados en el control biológico de plagas están los del orden Hymenoptera (Chalcidoidea, Ichneumonoidea y Proctotrupeoidea) y Diptera (Tachinidae) (Paredes *et al.*, 2013).

1.3 MeSA en plantas, atracción, extracción

El salicilato de metilo (Fig. 1) se produce de la síntesis del ácido salicílico a partir de la ruta del ácido shikímico/ triptófano siendo el precursor de la biosíntesis de este compuesto volátil aromático (Rodríguez-Saona, 2012). En estudios realizados con trampas cebadas con el compuesto sintético del volátil MeSA se mostró la atracción significativa de especies de insectos predadores en las familias: Chrysopidae, Myridae, Geocoridae, Anthocoridae, Syrphidae y Coccinellidae; esto evaluado en cultivos de lúpulo y uva (James, 2005). Además, las evidencias indican que hojas de diferentes plantas con alta presencia de salicilato de metilo atraen hormigas (Formicidae), ya que lo utilizan como antiséptico en sus nidos (Coral *et al.*, 2012). Conjunto a esto, hormigas (Hymenoptera: Formicidae) como *Pheidole radoszkowskii* Forel, *Solenopsis geminata* Fabricius y *Crematogaster torosa* Mayr se destacan como depredadoras de *Hypothenemus hampei* Ferrari (Coleoptera: Curculionidae) (plaga del café) según un estudio de 2004 en condiciones de laboratorio en Costa Rica (Coral *et al.*, 2012). Por lo cual se ve la efectividad del uso de los compuestos volátiles al momento de atraer enemigos naturales en las distintas plantas y cultivos.

En algunos agroecosistemas se han realizado estudios con HIPVs en forma sintética. Por ejemplo, James (2005) encontró que las trampas adhesivas con cebos del volátil salicilato de metilo, atraen un número significativo del predador *Chrysopa nigricornis* Burmeister (Neuroptera: Chrysopidae) y promueven el aumento de su población en cultivos de lúpulo (*Humulus lupulus*). En cultivos de arándanos rojos (*Vaccinium macrocarpon*), Rodríguez-Saona et al. (2011) capturaron un gran número de adultos de Syrphidae, Coccinellidae y Chrysopidae en trampas adhesivas con cebos de salicilato de metilo.



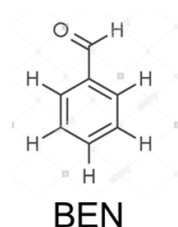
Fuente: Google

Figura 1. Estructura química del Salicilato de Metilo

1.4 BENZALDEHÍDO

El benzaldehído (Fig. 2) es un volátil inducido en las plantas que se puede encontrar en plantas de té al ser dañadas por áfidos (Han & Chen, 2002; James, 2005), las especies de enemigos naturales que son fuertemente atraídas por este volátil corresponde a *Coccinella septempunctata* L. (Coleoptera: Coccinellidae), *Aphidius sp.* (Hymenoptera: Braconidae), y *Chrysopa sinica* Tjeder (Neuroptera: Chrysopidae) demostrado anteriormente en pruebas de electroantenograma y olfatómetro (Han & Chen, 2002).

El benzaldehído resulta atrayente como alimentación a *Pieris rapae* que normalmente se encuentra como compuesto secundario de las flores de *Ligustrum japonicum* (Rodríguez, 2004).



Fuente: Google

Figura 2. Estructura química del Benzaldehído

1.5 Predadores y parasitoides

Los volátiles orgánicos emitidos por las plantas al ser dañadas atraen a parasitoides y predadores, puesto que la gran mayoría detecta las sustancias del hospedante o presa y por esa razón logran orientarse (Coral *et al*, 2012). Los parasitoides están generalmente mejor dotados para la localización del hospedero, ya que de ello depende la continuidad de la especie a diferencia de los depredadores que tienden a ser generalistas y si no encuentran su presa no tienen ningún inconveniente en consumir otra, o comer a sus parientes (Salas & Salazar, 2003). Algunos grupos potenciales en predación corresponde a los órdenes Coleoptera, Hymenoptera, Neuroptera, Odonata, Diptera y Hemiptera y sobresalen en parasitoides del orden Hymenoptera y Diptera. El salicilato de metilo resulta atractivo para *Chrysopa nigricornis* (Neuroptera), *Orius tristicolor* (Anthocoridae), *Geocoris pallens* (Geocoridae), *Hemerobius sp.* (Neuroptera), Syrphidae (Diptera), Braconidae (Hymenoptera), y el benzaldehído para *Orius trsiticolor* y *Anagrus daanei* (Mymaridae) (Paredes *et al*, 2013).

2. OBJETIVOS

2.1 GENERAL

Caracterizar los enemigos naturales atraídos por volátiles sintéticos inducidos por la herbivoría en cultivos de café en la región del Sumapaz.

2.2 ESPECIFICOS

- Identificar los depredadores atraídos por el salicilato de metilo, el benzaldehído y su combinación en cultivos de café en la región del Sumapaz.
- Identificar los parasitoides atraídos por el salicilato de metilo, el benzaldehído y su combinación en cultivos de café en la región del Sumapaz.

3 METODOLOGIA

3.1 Descripción del área de estudio

El proyecto se desarrolló en 4 fincas cafeteras ubicadas en los municipios de Fusagasugá, Arbeláez y Pasca, Cundinamarca (Figura 3). Dentro de las fincas: Finca el Paraíso, Finca San José, Finca Santa Inés y finca el Pedregal (Tabla 1).



Figura 3. Esquema de la Provincia del Sumapaz, donde se estableció el montaje del diseño experimental.

Tabla 1. Caracterización fincas cafeteras de la Provincia del Sumapaz, utilizadas en el diseño experimental.

Finca	Municipio	Vereda	Coordenadas	m.s.n.m.	Grados centígrados	Precipitación mm	Variedad cultivada de café	Edad	Distancia de siembra	Época de cosecha
El Paraíso	Arbeláez	La Honda	4°14'51.8"N 74°25'52.6"W	1.417 (CAR, 2004)	21.1(Climat-Data.Org, 2019).	1.485(Climat-Data.Org, 2019).	Caturra y Castillo, no hacen mayores controles.	15 años	2m entre hileras, 1m entre plantas.	Mintaca
San José	Arbeláez	Paramillo	4°15'52.6"N 74°23'12.1"W	1.379 (CAR, 2004)	21.1(Climat-Data.Org, 2019).	1.485(Climat-Data.Org, 2019).	Castillo, sombrío Nogal cafetero, Guayacán.	4-5 años	2m entre hileras, 1m entre plantas.	Mintaca
Santa Inés	Fusagasugá	El Michu	4°16'20.5"N 74°23'21.9"W	1.717 (CAR, 2004)	19.4(Climat-Data.Org, 2019).	1.147(Climat-Data.Org, 2019).	Castillo, sombrío Nogal cafetero, Guayacán.	2 años	2m entre hileras, 1m entre plantas.	Mintaca
El Pedregal	Pasca	San Pedro	4°18'42.6"N 74°19'59.4"W	1.900 (CAR, 2004)	16.2(Climat-Data.Org, 2019).	1.406(Climat-Data.Org, 2019).	Castillo, café de altura. No sombrío, cultivos asociados con plátano. Orgánico	7-8 años	2m entre hileras, 1m entre plantas.	Mintaca

Fuente: Autor

3.2 Obtención de volátiles

Los volátiles sintéticos PREDALURE fueron proporcionados por la empresa AgBio Inc. Distribuidor principal de ChemTica International S.A.

Los cuales corresponden a:

- a) Salicilato de metilo (MeSA); b) Benzaldehído (BEN); c) MeSA + BEN.

3.3 Caracterización e identificación de comunidades de enemigos naturales

Se inició la captura de insectos benéficos para determinar el uso que se puede dar en cultivos de café, frente a afectaciones de las plagas existentes dentro de los cultivos desde el día 02 de marzo 2018 hasta el día 18 de junio de 2018 en las 4 fincas ubicadas en la provincia del Sumapaz (Fusagasugá, Arbeláez y Pasca). Para cada finca se estableció un Diseño de Bloques Completamente al Azar (DBCA), con tres bloques y 4 tratamientos. Donde se usaron

los tratamientos: a) Salicilato de metilo (MeSA), b) Benzaldehído (BEN), c) MeSA + BEN y d) Control (- MeSA - BEN) (Fig.4). En cada tratamiento se colocó sobre la rama de café una trampa pegajosa de color verde y un cebo (PredaLure) con el respectivo volátil a una altura de 1.50m (Fig.5). La distancia entre bloques fue de ~100m y entre los tratamientos una distancia de ~10m (Fig.3). Cada 15 días se recolectaron las trampas usando pitillos de aproximadamente 15 cm de largo, sirviendo como separadores para evitar el daño de los individuos recolectados, se guardaron en bolsas transparentes por cada bloque y de la respectiva finca, dichas muestras se llevaron al laboratorio y se guardaron en refrigerador mientras se iniciaba la identificación por medio del uso del estereoscopio, los volátiles se cambiaron cada mes. Los enemigos naturales capturados se identificaron en el Laboratorio multipropósito José Celestino Mutis de la Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD mediante el uso de la clave taxonómica de Borror & DeLong's (Johnson-Norman & Triplehorn-Charles, 2004) llegando en algunos casos a nivel de familia y donde fue posible hasta género o especie.

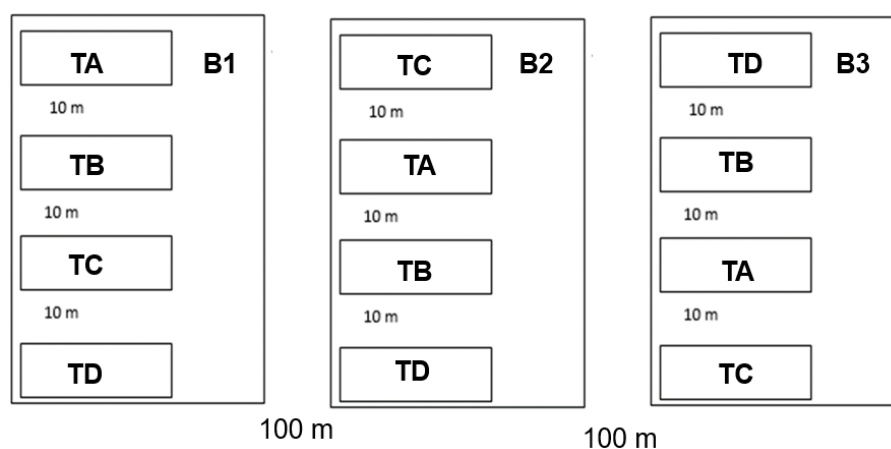


Figura 4. Esquema del Diseño de Bloques Completamente al Azar usado en campo en cada una de las fincas en la provincia del Sumapaz.

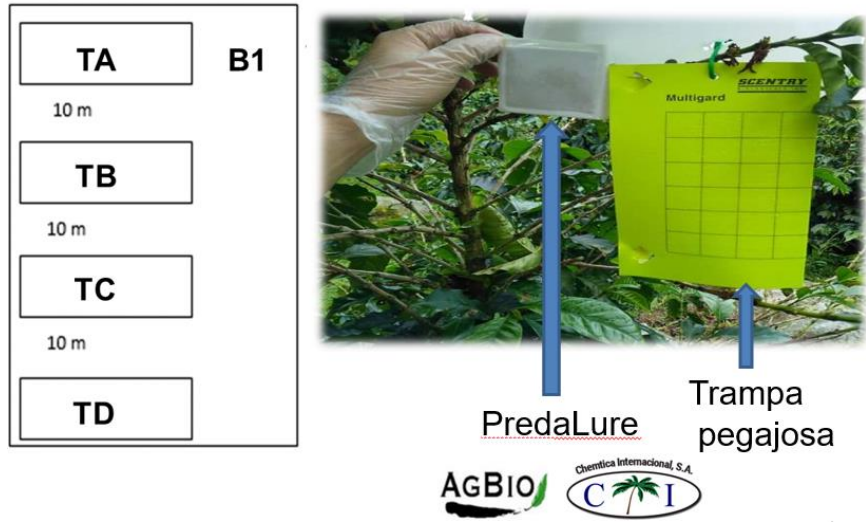


Figura 5. Esquema del Montaje de la captura de predadores y parasitoides usado en campo para cada una de las fincas en la provincia del Sumpaz en cultivo de café.

4 Análisis estadístico

Todos los análisis se realizaron en R 3.3.1 (R Development Core Team 2016). Para conocer si todos los datos cumplían con la normalidad y homoscedasticidad fueron realizados los análisis de Shapiro-Wilk (Shapiro & Wilk, 1965) y Levene (paquete “car” en R) respectivamente. Para conocer el efecto de las diferencias del MeSA, Ben y su interacción sobre la captura de los enemigos naturales se realizó un análisis de varianza two-way Anova. Cuando se encontró diferencias significativas fue realizada la prueba de Scott-knott ($\alpha = 0,05$) (paquete “Laercio” en R).

5. RESULTADOS

5.1 Comunidad de Predadores

En laboratorio se identificaron en total cinco ordenes (Coleóptera, Díptera, Hemiptera, Neuroptera y Thysanoptera) con 6 familias de predadores (Tabla 2), de las cuales 4 resultaron relevantes dentro del análisis estadístico y corresponden a las familias Syrphidae, Anthocoridae, Chrysopidae y *Franklinothrips vespiformis* Crawford (Thysanoptera: Aeolothripidae) (Tabla 3).

Tabla 2. Comunidad de predadores identificados en el laboratorio Multipropósito José Celestino Mutis – UNAD de la recolección de trampas en campo, mediante estereoscopio.

Enemigo natural	Orden	Familia / Género
Predadores	Coleóptera	Coccinellidae
		<i>Cycloneda sp.</i>
		<i>Cryptolaemus sp.</i>
	Díptera	Syrphidae
	Hemiptera	Anthocoridae
Neuroptera	Hemerobiidae	
Thysanoptera	<i>Franklinothrips vespiformis</i>	

Fuente: Autor

Tabla 3. Influencia de los tratamientos sobre la comunidad de predadores importantes dentro del análisis estadístico y control biológico.

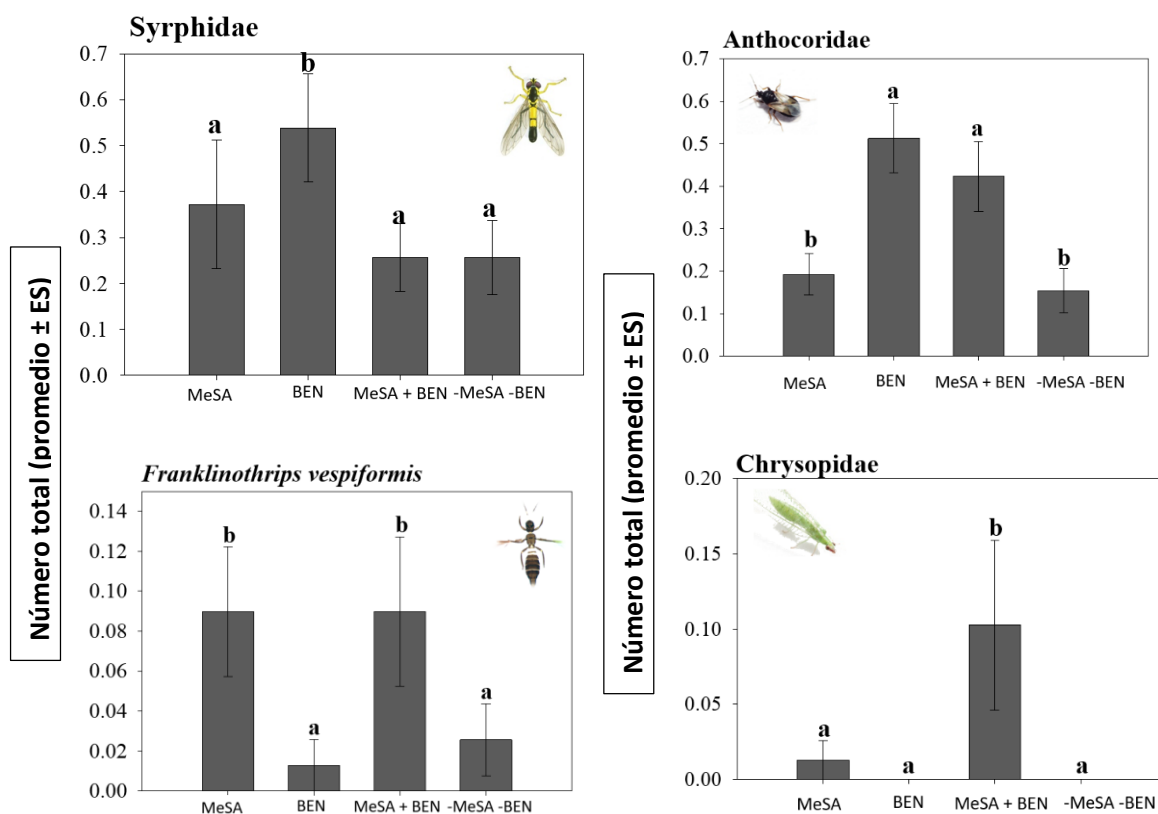
Predador	MeSA			BEN			MeSA × BEN		
	<i>gl^a</i>	<i>F</i>	<i>P^b</i>	<i>gl^a</i>	<i>F</i>	<i>P^b</i>	<i>gl^a</i>	<i>F</i>	<i>P^b</i>
Syrphidae	1, 308	0.74	0.38	1, 307	0.74	0.38	1, 306	3.98	0.04
Chrysopidae	1, 308	46.55	<0.001	1, 307	23.12	<0.001	1, 306	0	1.0
Anthocoridae	1, 308	0.13	0.71	1, 307	19.03	<0.001	1, 306	0.31	0.39
<i>Franklinothrips vespiformis</i>	1, 308	9.28	<0.01	1, 307	0.07	0.79	1, 306	0.33	0.56

Fuente: Autor

^a Numerador, denominador (error)

^b Números en negrilla indican diferencias significativas ($\alpha = 0,05$).

Se pudo observar que en la familia Anthocoridae el compuesto BEN influenció significativamente su atracción aumentando el número de individuos de esta familia, en cuanto a *F. vespiformis* se obtuvo una respuesta positiva al MeSA y en la combinación de los dos compuestos atrajo a más individuos de la familia Chrysopidae mientras que en la familia Syrphidae se observó una disminución al combinar los dos compuestos respecto a su respuesta solo con el compuesto BEN (Fig.6).



Fuente: Autor.

Figura 6. Respuesta de la comunidad de predadores frente a los tratamientos utilizados en el experimento (MeSA, BEN, + MeSA + BEN, - MeSA - BEN). Letras diferentes indican que hubo diferencia significativa, Scott-knott ($\alpha = 0,05$).

5.2 Comunidad de Parasitoides

En total fueron identificados 2 ordenes con 14 familias de parasitoides de las cuales corresponde a 13 familias del orden Hymenoptera y una familia del orden Diptera dentro de este hallazgo 3 familias: Megaspilidae, Aphelinidae y Mymaridae mostraron significancia dentro del análisis estadístico (Tabla 4 y 5).

Tabla 4. Comunidad de parasitoides identificados en el laboratorio Multipropósito José Celestino Mutis – UNAD de la recolección de trampas en campo, mediante estereoscopio.

Enemigo natural	Orden	Familia / Género
Parasitoides	Hymenoptera	Megaspilidae
		Aphelinidae
		Scelionidae
		Encyrtidae
		Ceraphronidae
		Figitidae
		Mymaridae
		Braconidae
		Ichneumonidae
		Trichogrammatidae
		Proctotrupidae
		Eulophidae
		Pteromalidae
	Tachinidae	
	Díptera	

Fuente: Autor.

Tabla 5. Influencia de los tratamientos sobre la comunidad de parasitoides importantes dentro del análisis estadístico y control biológico.

Parasitoide	MeSA			BEN			MeSA × BEN		
	<i>gl</i> ^a	<i>F</i>	<i>P</i> ^b	<i>gl</i> ^a	<i>F</i>	<i>P</i> ^b	<i>gl</i> ^a	<i>F</i>	<i>P</i> ^b
Megaspilidae	1, 308	1.58	0.20	1, 307	0.37	0.54	1, 306	6.33	0.01
Aphelinidae	1, 308	0.74	0.38	1, 307	0.28	0.59	1, 306	2.08	0.14
Mymaridae	1, 308	1.99	0.15	1, 307	0.26	0.60	1, 306	3.61	0.05

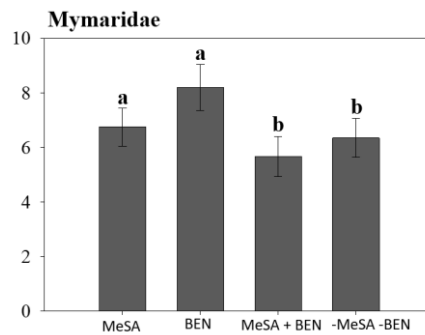
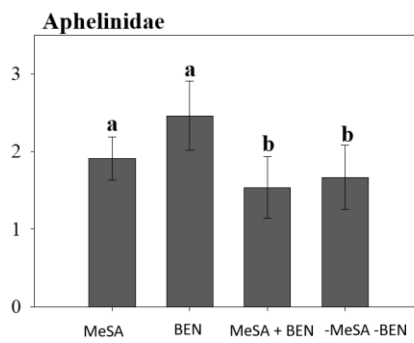
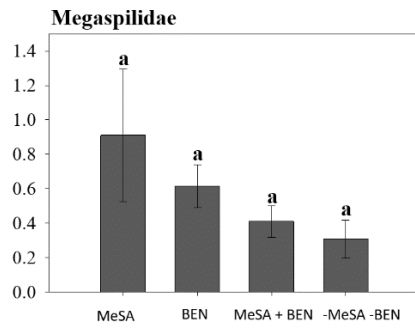
Fuente: Autor.

^a Numerador, denominador (error)

^b Números en negrilla indican diferencias significativas ($\alpha = 0,05$).

Para parasitoides en la familia Megaspilidae se halló diferencia significativa entre tratamientos, mostró un aumento en la cantidad de insectos respecto a MeSA solo, mientras que redujo la población en la combinación de MeSA y BEN. Para las familias Aphelinidae y Mymaridae el BEN solo, resultó más atractivo que la combinación de los compuestos.

Número total (promedio ± ES)



Fuente: Autor

Figura 7. Respuesta de la comunidad de parasitoides frente a los tratamientos utilizados en el experimento (MeSA, BEN, + MeSA + BEN, - MeSA - BEN). Letras diferentes indican que hubo diferencia significativa, Scott-knott ($\alpha = 0,05$).

6. DISCUSIÓN

La captura de enemigos naturales respondió a los tres tratamientos respecto al control, donde se encontró una respuesta positiva por parte de *F. vespiformis* al tratamiento de MeSA lo cual resulta alentador en cuanto a control biológico, ya que este insecto es un importante predador de thrips que es una plaga a nivel mundial (Camberos-Campo *et al.*, 2011). Por ejemplo, en cultivos de rosas la liberación de *F. vespiformis* ayuda a la regulación de poblaciones de plagas como *Thrips tabaci* Lindeman (Thysanoptera: Thripidae) que produce daños directos e indirectos en diversos cultivos agrícolas (Castro *et al.*, 2018), lo cual le da importancia ya que el manejo integrado no es suficiente para el tratamiento de este tipo de plaga en cultivo de rosa especialmente en verano donde la infestación es alta, si bien en el estudio señala que el acaro *Neoseiulus cucumeris* Oudemans (Acarina: Phytoseiidae) es importante controlador de thrips este no es suficiente y hace falta otro tipo de controlador, al hacerlo en conjunto con *F. vespiformis* resulta altamente satisfactorio (Nammour *et al.*, 2008). Por otra parte, Salamanca *et al.* (2018), encontraron en plantas de frijol que la liberación de MeSA en viales de polietileno aumenta las poblaciones de *F. vespiformis*, mientras que acompañado por el cilantro ejerce un resultado totalmente diferente disminuyendo las poblaciones de este predador, otro estudio en Cuba identificó el maíz y el sorgo como forma de preservación y aumento en poblaciones de *F. vespiformis* (Perez, 2004).

Para otros predadores se encontró que especies de Chrysopidae fueron atraídas por el MeSA, significativo ya que en sus tres estadios larvales son potencialmente activos en el consumo de áfidos, pulgones y otros insectos, además de consumir casi todas las familias (Lepidóptera, coleóptera, Neuroptera...) (Velázquez, 2017). En un estudio se evidenció que MeSA atrae significativamente al género Chrysopidae específicamente a la especie de *Chrysoperla rufilabris* Hagen (Neuroptera: Chrysopidae) (Salamanca *et al.*, 2017) además de

demostrar anteriormente que al utilizar el MeSA no solo atrajo mayor cantidad de individuos de este género si no que aumento la ovoposición de *Chrysoperla externa* Hagen (Neuroptera: Chrysopidae) (Salamanca *et al*, 2015). En otros estudios se utilizó como planta acompañante al cilantro ya que presta un servicio de alimentación como fuente de nutrición y atracción a enemigos naturales entre ellos a especies de la familia Chysopidae (Salamanca et al, 2018) y en cultivos de manzana se encontró que dispensadores con benzaldehído, atraían grandes números de especies de Chrysopidae (Jones et al., 2011). Lo que responde a la atracción de esta especie al tratamiento con el compuesto de MeSA combinado con BEN.

Dentro de la familia Anthocoridae se localizan importantes predadores usados para controlar plagas bajo invernadero y que se encuentran comercialmente como el género Orius, donde se destacan varias especies entre ellas *Orius laevigatus* Fieber (Hemiptera: Anthocoridae) el cual es utilizado en el control de thrips *Franklinelia occidentalis* Pergande (Thysanoptera: Thripidae) especialmente las ninfas, además de esto se contempla como estrategia inundativa en varios cultivos hortícolas y de ornamentación (Berenjena, fresa, melón, pepino, rosa) (Aragón, 2017). Algunos estudios corroboran que es altamente atraído por MeSA particularmente después del ataque por herbívoros a las plantas, mientras que en condiciones de laboratorio el predador polífago *Anthocoris nemoralis* Fabricius (Hemiptera: Anthocoridae) pierde la atracción al ser criado en laboratorio; sin embargo, se reestablece al ser expuestos a MeSA en presencia de presas (Salamanca *et al*, 2017), mediante el análisis de este estudio se muestra que el compuesto BEN también puede ser utilizado para la atracción de este género ya que tuvo una diferencia significativa aumentando la atracción a este compuesto, respecto a MeSA solo, ya que en la combinación también tiene una respuesta positiva. Esta familia también se hace especial en este estudio debido a que algunas de sus especies en estado ninfal predan diversos estados de la broca del café un ejemplo el *Xylocoris*

sp. Maes (Hemiptera: Anthocoridae) generalista de plagas de granos almacenados (Vera-Montoya *et al*, 2007).

A partir de estos hallazgos se relaciona la respuesta de la familia Syrphidae ya que se obtuvo una disminución al combinar el MeSA con BEN, de tal manera se podría decir que la familia Syrphidae responde únicamente al BEN y al MeSA por separado, puesto que al ser combinados ambos compuestos este ejerce un efecto que enmascara y disminuye su atracción, que contrasta con un estudio realizado en cultivo de café donde al hacer una liberación controlada de MeSA se obtuvo un aumento de población de aproximadamente seis veces en predadores de esta familia siendo un atrayente importante de enemigos naturales (Coral *et al*, 2012). Esta familia se hace importante ya que aparte de ser un predador natural en el estado de larva consume una amplia variedad de hemípteros de cuerpo blando, encontrando que sus presas primordiales son áfidos (Aphididae), escamas (Coccoidea) y aleuródidos (Aleyrodidae) (Arcaya *et al*, 2017), además ayuda al control de algunas plagas y sirve de polinizador en sistemas agrícolas, se conoce cerca de 6200 especies en el mundo y la similitud con las abejas en algunos sirfidos aumenta el interés científico por esta familia (Skevington *et al*, 2019). En un estudio realizado en cultivo de soja se observó que MeSA aumenta la atracción de insectos depredadores, como los miembros de las familias Syrphidae, reduciendo las poblaciones de pulgones de soja, *Aphis glycines* Matsumura (Hemiptera: Aphididae) y resultar altamente atractivo para estos predadores en otros cultivos como arándanos, viñedos, lúpulo y trigo (Salamanca *et al*, 2018).

En un estudio adelantado por De Lange *et al* en 2019 se observó que el comportamiento de Megaspilidae un importante hiperparasitoide de áfidos que han sido parasitados por aphelinidos o braconidos (Nicholls, 2008) y que pertenecen a la familia Hymenoptera respecto al compuesto MeSA era repelido, lo cual concuerda con el análisis

arrojado en este estudio ya que no se encontraron diferencias significativas dentro de tratamientos, pero además de ello en la combinación de los dos compuestos es decir MeSA y BEN la atracción por parte de esta familia se redujo un poco más. Esta familia se hace importante ya que cuenta con especies importantes como *Dendrocerus carpenteri* Curtis (Hymenoptera: Megaspilidae) al ser parasitoide secundario de áfidos plaga asociados a la paga encontrada en cultivos de durazno *Myzus persicae* Sulzer (Hemiptera: Aphididae) la emergencia de dichos hiperparasitoides se da en junio pues en el estudio presentado en durazno corresponde a las fechas de aparición que están presentes en otros cultivos como en cultivos de cítricos, también se pudo establecer que la cantidad de individuos aumenta al estar en contacto con hormigas pues brindan una protección especial un ejemplo es la hormiga *Lasius niger* Linneo (Hymenoptera: Formicidae) (Bañol *et al*, 2012).

La familia Mymaridae del orden Hymenoptera es un parasitoide de chinches y pulgones, parasita plagas como el chinche del caucho el cual se ve afectado por esta plaga ya que disminuye la producción del látex y genera pérdidas económicas a los agricultores, dañando el área fotosintética y debilitando la especie forestal, por esto se ha tratado establecer el la especie de *Erythmelus tingitiphagus* (Hymenoptera: Mymaridae) que parasita los huevos, en un estudio realizado en Brasil además de probar el parasitoide concluyeron que es necesario hacer el control antes del pico poblacional de la plaga puesto que si no se realiza de esa forma es posible que el control no resulte eficiente (Santos *et al*, 2012). Los individuos de la familia Mymaridae en este experimento tuvieron una respuesta positiva a BEN sin embargo estudios anteriores sugieren que el MeSA resulta atrayente para esta familia y la especie *Erythmelus tingitiphagus* depende en gran medida de la cantidad aplicada de atrayente puesto que se tienen resultados en donde implica que al utilizar una cantidad

moderada atrae los insectos, mientras que al elevarla dicha cantidad se causa el efecto contrario y los repelen (James, 2005).

En la familia Aphelinidae con más de 1000 especies identificadas entre ellas se encuentran algunas muy importantes en cuanto a control biológico como la *Encarsia Förster* (Hymenoptera: Aphelinidae) parasitoide de la mosquita blanca *Aleurothrixus chiveleensis* Sampson & Drews (Hemiptera: Aleyrodidae) la cual ataca diversos cultivos, además parasita plagas de Hemiptera, esta especie de Aphelinidae es importante comercialmente ya que se encuentra asociada al control biológico en cultivos como cítricos, frutales y ornamentales (Myartseva *et al*, 2013) una gran facilidad de esta especie es que se desarrollan durante todo el año, parasitando e hibernando en el hospedero, además de constituirse como insectos benéficos en los bosques (Myarsev *et al*, 2014), a partir del análisis de este estudio se evidencia la atracción hacia el compuesto BEN algo importante ya que en cuanto a atracción por compuestos volátiles, se conocen estudios con respuesta al compuesto cis-jasmone realizado en campo con cultivo de soja (Rodríguez, 2013).

CONCLUSIONES

Mediante los resultados obtenidos se aprecia que la cantidad de enemigos naturales atraídos por los compuestos volátiles resultan altas y esto contribuye con el desarrollo del cultivo del café, complementando las defensas inducidas por las distintas plagas (thrips, cochinillas y minadores).

Los resultados indican que la selección de la composición de los HIPVs para aumentar la atracción natural del enemigo dependerá de los taxones enemigos naturales específicos destinados a la conservación.

Los sistemas agrícolas albergan mayor diversidad de enemigos naturales fundamentalmente para localizar a herbívoros, que pueden ser aprovechados en programas de control biológico.

Los compuestos volátiles son importantes en la influencia de predadores y parasitoides en escalas mayores, lo que ayuda a comprender las interacciones tritroficas y el manejo sostenible de plagas en sistemas agrícolas.

RECOMENDACIONES

Se hace necesarios más ensayos o experimentos en campo y laboratorio para confirmar la atracción o repelencia que se dio frente a las familias de enemigos naturales frente al compuesto MeSA y BEN por separado y especialmente en la combinación de los dos compuestos (MeSA y BEN).

Es importante insistir en el cambio de compuestos tóxicos y dañinos con el medio ambiente a compuestos sintéticos emitidos por la misma naturaleza.

Referencias Bibliográficas

- Anzueto, F.; Baumann, T.W.; Graziosi, G.; Piccin, C.R.; Söndahl, M.R. and Van der Vossen, H.A.M. 2005. The Plant. In: Espresso Coffee. The Science of Quality. 2a ed. California, USA: Elsevier Academic Press. Pp. 21-86
- Aragón, M. (2017). Evaluación y manejo de *Orius laevigatus*, *Anthocoris nemoralis* (Hemiptera: Anthocoridae), *Nesidiocoris tenuis* y *Macrolophus pygmaeus* (Hemiptera: Miridae) como agentes de control biológico de *Spodoptera exigua* (Lepidoptera: Noctuidae). (Tesis doctoral, Universidad de La Rioja).
- Arcaya, E., Mengual, X., & Rojo, S. (2017). Especies de Syrphidae (Insecta: Diptera) del Parque Universitario de la UCLA, Estado Lara, Venezuela. Investigación Agraria, 19(2), 112-119. <https://dx.doi.org/10.18004/investig.agrar.2017.diciembre.112-119>
- Aristizabal, F., Salazar, H., Mejía, C. & Bustillo, A. (2004). Introducción y evaluación de *Phymastichus coffea* (Hymenoptera: Eulophidae) en fincas de pequeños caficultores, a través de investigación participativa. Revista Colombiana de Entomología, 30(2), 119-224. Recuperado de http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0120-04882004000200015
- Bañol, C., Piñol, J., Barrientos, J., Perez, N., Pujade-Villar, J.(2012). Abundancia estacional y efecto de los parasitoides sobre los pulgones de un cultivo ecológico de cítricos. Bol. San. Veg. Plagas 38: 335-348.

- Belliure, B. & Michaud, J. P. (2001). Biology and Behavior of *Pseudodorus clavatus* (Diptera: Syrphidae), an Important Predator of Citrus Aphids. *Annals of the Entomological Society of America*, 94, 91–96
- Cambero-Campos, J., Johansen-Naime, R., García-Martínez, O., Cantu-Sifuentes, M., Cerna-Chavez, E., & Retana-Salazar, A. (2011). Especies depredadoras de trips (Thysanoptera) asociadas a huertas de aguacate en Nayarit, México. *Acta zoológica mexicana*, 27(1), 115-121. Recuperado de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0065-17372011000100009&lng=es&tlng=es.
- Carvalho, F., Zhong, N. & Klaine, S. (1998). Rastreo de plaguicidas en los trópicos. *Boletín del OEIA*, 40, 24-30
- Castro, M., Rueda-Ramírez, D., Ramírez-Godoy, A. (Julio, 2018). Ácaros Mesostigmata Edáficos Como Potenciales Controladores De *Thrips Tabaci* En Cultivos De Cebolla De Bulbo. Trabajo presentado en 45 Congreso SOCOLEN de la Sociedad Colombiana de Entomología, Santiago de Cali, Colombia.
- Coral, F. & Bacca T. (2011). Evaluación del Salicilato de metilo como atrayente de insectos beneficios en cultivos de café (Trabajo de grado). Universidad de Nariño. Torobajo, Pasto. Recuperado de <http://sired.udenar.edu.co/5136/1/86166.pdf>
- Coral, F., Bacca, T. & Dias, I. (2012). Efecto atractivo de los volátiles de un terpenoide a insectos asociados a *Coffea arabica* L. (Rubiaceae)." *Boletín Científico Centro De Museos De Historia Natural*, vol. 16, no. 2, p. 78.

Corporación Autónoma Regional- CAR. (2004). Diagnóstico Agroambiental Oficinas Territoriales. Recuperado de <http://sie.car.gov.co/bitstream/handle/20.500.11786/33686/05921.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

De lang, E., Salamanca, J., Polashock, J., Rodriguez-Saona. (2019). Genotypic Variation and Phenotypic Plasticity in Gene Expression and Emissions of Herbivore-Induced Volatiles, and their Potential Tritrophic Implications, in Cranberries. *Journal of Chemical Ecology* doi.org/10.1007/s10886-018-1043-0

Dicke, M. & van Loon, J. A. (2000). Multitrophic effects of herbivore-induced plant volatiles in an evolutionary context. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 97, 237–249.

Federación Nacional de Cafeteros. (2015). Café Cundinamarqués, Tradición, Calidad y Sabor que conquista al mundo. Recuperado de http://www.cundinamarca.gov.co/wcm/connect/f2463395-82f3-4d68-b978-bb57bcfe1910/SEPARATA+CUNDINAMARCA+FINAL_BAJA+%281%29.pdf?MOD=AJPERES&CVID=15PBwW8

Giraldo, M., Galindo, L. & Benavides, P. (2011). La arañita roja del café biología y hábitos. 403, 1-8. Recuperado de <https://www.cenicafe.org/es/publications/avt0403.pdf>

Gish, M., De Moraes, C.; Mescher, M. (2015). Herbivore-induced plant volatiles in natural and agricultural ecosystems: open questions and future prospects. *Current Opinion in Insect Science*, 9, 1-6.

Gotteland, M., & de Pablo V, S. (2007). Algunas Verdades Sobre El Café. *Revista chilena de nutrición*, 34(2), 105-115. <https://dx.doi.org/10.4067/S0717-75182007000200002>

- González-Ríos, O., Suárez-Quiroz, M., Winkler, R., Ramírez-Hernández, A. (2018). Caracterización química de una nueva variedad de *Coffea arabica* L. cosechado en 2016 en Huatusco, Veracruz-México Revista Colombiana de Investigaciones Agroindustriales, 5(2), 86-97. doi:<http://dx.doi.org/10.23850/24220582.1596>
- González-Sánchez, H. M., González-Palomares, S. y Rosales-Reyes, T. 2011. Café (*Coffea arabica* L.): compuestos volátiles relacionados con el aroma y sabor. U. Tecnociencia 5 (2) 35 - 45.
- Han, B.Y., Chen, Z.M., 2002. Behavioral and electrophysiological responses of natural enemies to synomones from tea shoots and kairomones from tea aphids, *Toxoptera aurantii*. J. Chem. Ecol. 28, 2203–2219.
- James, D. (2005). Further field evaluation of synthetic herbivore-induced plant volatiles as attractants for beneficial insects. Journal of Chemical Ecology, 31, 1-15.
- Johnson-Norman F., Triplehorn-Charles A. (2004). Borror and DeLong's Introduction to the Study of Insects by Cengage Learning, 7th Edition.
- Jones VP, Steffan SA, Wiman NG, Horton DR, Miliczky E, Zhang QH, Baker CC (2011) Evaluation of herbivore-induced plant volatiles for monitoring green lacewings in Washington apple orchards. Biol Control 56:98–105
- Mareggiani, G. (2001). Manejo de insectos plaga mediante sustancias semioquímicas de origen vegetal. Manejo Integrado de Plagas (Costa Rica) No. 60 p. 22 - 30. Recuperado de <http://www.sidalc.net/REPDOG/A1756E/A1756E.PDF>
- Marín, J., Céspedes, C. (2007). Compuestos volátiles de plantas. Origen, emisión, efectos, análisis y aplicaciones al agro. Rev. Fitotec. Mex, 30, 1-25.

- Myartseva, S., Ruiz-Cancino, E. & Coronado-Blanco, J. (2013). Four new species of Aphelinidae (Hymenoptera: Chalcidoidea) from Mexico. *Zootaxa*, 3641: 223-232
- Myartseva, S., Ruiz-Cancino, E. & Coronado-Blanco, J. (2014). Biodiversidad de Aphelinidae (Hymenoptera: Chalcidoidea) en México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* .Vol. 85, Supplement 1, January 2014, Pages 379-384.
- Nammour, D., Pizzol, J., Poncet, C., Ziegler, J.P., Voisin, S., Reynaud, P., Olivier, N., Paris, B. and Maignet, P. (2008). Integrated Pest Management In Rose Greenhouses Using Franklinothrips Vespiformis Against Thrips . *Acta Hortic.* 797, 291-296 DOI: 10.17660/ActaHortic.2008.797.41 <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2008.797.41>
- Nicholls, C. (2008). Control biológico de insectos. Un enfoque agroecológico. Medellín, Colombia: Universidad de Antioquia
- Paredes, D., & Campos, M., & Cayuela, L. (2013). El control biológico de plagas de artrópodos por conservación: técnicas y estado del arte. *Ecosistemas*, 22, 56-61.
- Perez, N. (2004). Manejo ecológico de plagas. Recuperado de <https://www.fcnym.unlp.edu.ar/catedras/ecoplagas/Bibliografia.pdf>
- Pérez, J. (2013). Economía cafetera y desarrollo económico en Colombia. Bogotá: Universidad Jorge Tadeo Lozano.
- Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo.(2015). Recuperado de <https://www.co.undp.org/content/colombia/es/home/presscenter/articles/2015/10/15/pnud-acompa-a-asociaciones-cafeteras-del-sumapaz-en-expo-especiales-caf-de-colombia.html>

Rodrigues, C., Blassioli, M., Borges, M., Ryoiti, E. & Laumann, R. (2013). cis-Jasmone indirect action on egg parasitoids (Hymenoptera: Scelionidae) and its application in biological control of soybean stink bugs (Hemiptera: Pentatomidae). *Biological Control*. Vol. 64, Issue 1, January 2013, Pages 75-82

Rodriguez, C. (2004). Plantas atrayentes de insectos plaga. *Ciencias ambientales y agricultura*. Publicación especial de la benemérita Universidad Autónoma de Puebla. Puebla, Mexico. pp. 203-234 Recuperado de <http://www.cm.colpos.mx/cesareo/Divulgaci%C3%B3n/Plantas%20atrayentes%20de%20insectos%20plaga.pdf>

Rodriguez-Saona, C., Blaauw, B. R. & Isaacs, R. (2012). Manipulation of Natural Enemies in Agroecosystems: Habitat and Semiochemicals for Sustainable Insect Pest Control. En Larramendy, M. L. & Soloneski, S. *Integrated Pest Management and Pest Control – Current and Future Tactics* (pp. 89–126). INTECH.

Santos, R., Costa, V., Silva, J., & Freitas, S. (2012). Population dynamics of *Leptopharsa heveae* (Hemiptera: Tingidae) and *Erythmelus tingitiphagus* (Hymenoptera: Mymaridae) in rubber tree plants. *Revista Colombiana de Entomología*, 38(2), 214-319. Retrieved September 05, 2019, from http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0120-04882012000200024&lng=en&tlng=.

- Sala, S., McLaren, S. J., Notarnicola, B., Saouter, E. & Sonesson, U. (2017). In quest of reducing the environmental impacts of food production and consumption. *Journal of Cleaner Production*, 140, 387–398.
- Salamanca, J. Varón, E. & Santos, A. (2010). Cría y evaluación de la capacidad de depredación de *Chrysoperla externa* sobre *Neohydatothrips signifer*, trips plaga del cultivo de maracuyá. *Corpoica. Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, 11(1), 31-40.
- Salamanca, J., Pareja, M., Rodríguez-Saona, C., Resende, A.L.S. & Souza, B. (2015) Behavioral responses of adult lacewings, *Chrysoperla externa*, to a rose-aphid-coriander complex. *Biological Control*. 80, 103–112.
- Salamanca, J., Souza, B., Lundgren, J.G. & Rodríguez-Saona, C. (2017) From laboratory to field: electro-antennographic and behavioral responsiveness of two insect predators to methyl salicylate. *Chemoecology*. 27, 51–63.
- Salamanca, J., Souza, B. & Rodriguez-Saona, C (2018). Cascading effects of combining synthetic herbivore-induced plant volatiles with companion plants to manipulate natural enemies in an agro-ecosystem. *Pest Management Science*, 74, 2133-2145.
- Salas, M., Salazar- Solís, E., (2003) Importancia del uso adecuado de agentes de control biológico. *Acta Universitaria [en línea].*, 13(1), 29-35 ISSN: 0188-6266. Recuperado de <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=416131042>.
- Skevington, H., Young A., Locke M., Moran K. (2019) New Syrphidae (Diptera) of North-eastern North America. *Biodiversity Data Journal*, 7: e36673. <https://doi.org/10.3897/BDJ.7.e36673>

- Vanegas-Rico, J., Lomeli-Flores, R. & Rodríguez-Leyva, E. (noviembre, 2010). Hormigas Asociadas A La Cochinilla Silvestre Del Nopal, *Dactylopius opuntiae* (Hemiptera: Dactylopiidae). Trabajo presentado en XXXIII Congreso Nacional de Control Biológico. Michoacán, México.
- Velázquez, E. (2017). Compatibilidad de *Aphidius ervi* (Haliday) parasitoide del vector de virosis en hortalizas *Macrosiphum euphorbiae* (Thomas) y *Chrysoperla carnea* (Stephens), depredador generalista, con nuevas barreras físicas selectivas y modernos plaguicidas en cultivos de lechuga. (Tesis doctoral). Universidad Politécnica de Madrid. Madrid, España.
- Vera, L., Gil, Z., Benavides, P. (2007) Identificación de enemigos naturales de *Hypothenemus hampei* en la zona cafetera central colombiana. *Cenicafé* 58(3):185-195.
- Vet, L. E. M. & Dicke, M. (1992). Ecology of infochemical use by natural enemies in a tritrophic context. *Annual Review of Entomology*, 37, 141–172.
- Villegas G.C., Benavides M. P., Zabala G., Ramos Portilla A. (2009). Cochinillas harinosas asociadas a las raíces del café: descripción y biología. *Avances técnicos Centro Nacional de Investigación del café- CENICAFE* (338), 1-8. Recuperado de <http://biblioteca.cenicafe.org/bitstream/10778/391/1/avt0386.pdf>.